



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



Angélica Guerra

VARIAÇÃO EM TRAÇOS FUNCIONAIS E
INTERPRETAÇÕES ECOLÓGICAS DA MORFOANATOMIA
FOLIAR DE ESPÉCIES DE DIFERENTES HÁBITOS DO
CHACO

Orientadora: Prof^a Dr^a Edna Scremin Dias

Campo Grande – MS
Fevereiro de 2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



Angélica Guerra

VARIAÇÃO EM TRAÇOS FUNCIONAIS E
INTERPRETAÇÕES ECOLÓGICAS DA MORFOANATOMIA
FOLIAR DE ESPÉCIES DE DIFERENTES HÁBITOS DO
CHACO

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Edna Scremin Dias

Campo Grande – MS

Fevereiro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Edna Scremin-Dias – Presidente

Prof. Dr. Cristiano Medri – Titular

Prof.^a Dr.^a Rosani do Carmo Arruda - Titular

Prof. Dr. Danilo Muniz Silva – Titular

Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto – Titular

Prof.^a Dr.^a Ângela Lucia Bagnatori Sartori – Suplente

*Aos meus pais,
Claudinei Guerra e Norma Néspolo Guerra,
Por serem minha base e por sempre confiarem em mim.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte de uma etapa muito importante na minha vida, e são muitas as pessoas que merecem meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente aos meus pais, por sempre me apoiarem e nunca me deixarem desistir dos meus objetivos. Obrigada por serem meu alicerce, meu motivo de orgulho e por sempre estenderem a mão quando eu preciso. Amo vocês!

Às minhas lindas irmãs, Naiara e Ana Paula, por sempre estarem ao meu lado e me aconselharem quando eu preciso. Não importa a dificuldade que a gente passe, como um tripé, vamos estar sempre juntas, uma fortalecendo a outra. Tenho muito orgulho de vocês!

Ao meu namorado, Aritana de Brito, pela paciência, apoio, conselhos e por todo incentivo nesses últimos meses. Obrigada por me entender nos dias mais estressantes e por sempre me acalmar. É um prazer poder compartilhar esse momento com você. Espero poder compartilhar muitos ainda!

Aqueles que foram muito mais que amigos, Andressa Pirolla, Tayeme Piva, Alexandre Ferraro, Nayla Fernanda, Aline Gomes, Thomaz Sinani, Bruno Ferreira, César Cáceres, Bruno Henrique, João Pedro Bento. Obrigada por tudo! O mestrado e minha vida em Campo Grande não teria sido a mesma sem vocês! Obrigada pela ajuda nas coletas (coletar no Chaco é menos sofrido com vocês rsrs), no laboratório, pelos cafés e longas conversas nos intervalos, e por todo o companheirismo! Nunca vou esquecer de vocês!

Em especial à Andressa Pirolla, que foi um presente que eu ganhei em Campo Grande, pela amizade, companheirismo, conselhos, risadas, choros, broncas, ajudas no laboratório, nas coletas, passeios no shopping, cervejinhas no Escobar. Enfim, por ter tornado esses dois anos muito mais divertidos. Quero te levar na minha vida por muito tempo!

À Tayeme, que já me aguenta há um tempo. Obrigada pela amizade, pelos conselhos, por me acompanhar em todos os dias (todos mesmo rsrs, isso só você sabe como é). Espero que nossa amizade ultrapasse a graduação, o mestrado e que esteja sempre firme e forte. Pode contar comigo, sempre!

Às turmas 2012, 2013 e 2014, pelo companheirismo nas disciplinas, na convivência nos laboratórios, coletas, salinha do mestrado, etc. Muito sucesso a todos!

Ao Condomínio dos Goianos, pela amizade, e por me fazerem sentir em casa!

Ao Cristino Medri e à Carla Gomes de Araújo, se não fosse pelo incentivo de vocês, eu não teria prestado a prova do mestrado e não estaria aqui. Muito obrigada por tudo!

À Profª Edna Scremin, que me recebeu de braços abertos. Apesar de todas as dificuldades encontradas, conseguimos realizar um bom trabalho. Obrigada pela confiança, apoio, incentivo, amizade, e pelos infinitos ensinamentos durante esses dois anos.

Á todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, pelos ensinamentos passados, apoio e dedicação. Muito obrigada!

Aos técnicos, Tamires Yule e João Fabri, por sempre estarem dispostos a resolver os problemas e facilitar as coisas. Muito obrigada!

A duas pessoas que me ajudaram muito, Wanderléia Vargas e Gisele Catian. Obrigada meninas, pelas sugestões desde o início do projeto. Muito sucesso a vocês!

À Ariana Pavão, Alessandra Lima e Anahí, secretárias do programa, pela dedicação e disponibilidade em resolver os problemas.

Ao Dr. Danilo Muniz, pela ajuda nas análises estatísticas e sugestões.

Aos proprietários da Fazenda Anahí, Nelson Cintra e Maria Luiza Cintra, pelo apoio às coletas.

Á Dr^a Ângela Sartori e ao Casadinho pelo financiamento do projeto.

Á CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Á todas as pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho, diretamente ou indiretamente, meus sinceros agradecimentos!

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca levei realmente a sério, é que tem mais chão nos meus olhos que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”. [Cora Carolina]

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	9
Lista de Figuras.....	10
1.Introdução Geral.....	13
2.Referências.....	19
CAPÍTULO I	
OS TRAÇOS FOLIARES QUE INDICAM ESCLEROFILIA CONVERGEM ENTRE ESPÉCIES E HÁBITOS DE CRESCIMENTO QUE OCORREM NATURALMENTE NO CHACO BRASILEIRO?	
Resumo.....	22
1.Introdução.....	23
2.Material e Métodos.....	24
2.1 Área de Estudo e Grupos de espécies estudadas.....	24
2.2 Análise Morfológica.....	25
2.3 Análise Anatômica.....	25
2.4 Análise Estatística.....	26
3.Resultados.....	27
4.Discussão.....	45
Agradecimentos.....	49
Referências.....	49
CAPÍTULO II	
VARIAÇÃO EM TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES ENTRE ESPÉCIES DE DIFERENTES HÁBITOS DO CHACO	
Resumo.....	53
Introdução.....	54
Métodos.....	55
Área de Estudo e Grupos de espécies estudadas.....	55
Análise Morfológica.....	56
Análise Anatômica.....	56
Análise Estatística.....	57
Resultados.....	60
Discussão.....	66
Agradecimentos.....	69
Referências.....	69
ANEXOS	
Anexo A – Normas para submissão – Journal of Arid Environments.....	75
Anexo B – Normas para submissão – Journal of Vegetation Science.....	87

LISTA DE TABELAS

Introdução Geral

Tabela 1. Relação das espécies do Chaco selecionadas para o estudo de variação em traços funcionais e interpretações ecológicas em folhas de diferentes hábitos, seguidas de suas áreas de ocorrência e número do coletor.....16

Capítulo I

Tabela 1. Descrição morfológica das espécies avaliadas do Chaco, seguida de suas análises quantitativas (média \pm Desvio padrão). **Abreviações:** cm² - centímetros quadrados, g – gramas.....29

Tabela 2. Descrição anatômica qualitativa das folhas das espécies analisadas do Chaco. **Legenda:** Nível Ep. – Nível da Epiderme, AB – Epiderme da face abaxial, AD – Epiderme da face adaxial, Parenq. – Parenquimática, Escler – Esclerenquimática, (-) – Ausente, (+) – Presente.....41

Capítulo II

Tabela 1. Relação das espécies do Chaco selecionadas para o estudo de variação em traços funcionais e interpretações ecológicas em folhas de diferentes hábitos, seguidas de suas áreas de ocorrência e número do coletor.....56

Tabela 2. Relação dos traços funcionais seguidos dos seus significados ecológicos em folhas de espécies arbóreas, arbustivas, trepadeiras e ervas do Chaco, Mato Grosso do Sul, Brasil.....59

Tabela 3. Contribuição de cada traço para separação de hábitos de crescimento na construção de árvore de decisão.....65

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Aspectos gerais das áreas de coleta. A – Mapa com a localização das áreas de coleta, B – Savana Estépica Arborizada na Fazenda Anahí, C – Savana Estépica Arborizada no Dique Beira Rio.....17

Figura 2. Ilustrações das espécies avaliadas do Chaco. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld.; **Arbustos:** E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeira:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Erva:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme; O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.....18

Capítulo I

Figura 1. Morfologia foliar das espécies do Chaco avaliadas. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld.; **Arbustos:** E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Ervas:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme, O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl, Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl27

Figura 2. Variáveis morfológicas e ecofisiológicas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintos taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).....28

Figura 3. Corte transversal do limbo das espécies do Chaco avaliadas, evidenciando a constituição do mesofilo. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld.; **Arbustos:** E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeira:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Erva:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme; O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl. **Seta:** Cristais, **Estrela:** Compostos Fenólicos31

Figura 4. Epiderme das espécies do Chaco analisadas, em vista frontal. **Arbóreas:** A – Face abaxial de *Schinopsis balansae* Engl., B – Face abaxial de *Prosopis ruscifolia* Griseb., C – Face abaxial de *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D – Face abaxial de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld.; **Arbustos:** E – Face abaxial de *Coccoloba paraguariensis* Lindau, F- Face adaxial de *Jatropha*

ribifolia Pohl (Baill); **Trepadeiras:** G - Face abaxial de *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, H – Face abaxial de *Araujia stormiana* Morong, I – Face abaxial de *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder; **Ervas:** J – Face adaxial de *Pterocaulon purpurascens* Malme, L – Face abaxial de *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., M – Face abaxial de *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.....32

Figura 5. Variáveis anatômicas e ecofisiológicas mensuradas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintas taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).....33

Figura 6. Variáveis anatômicas analisadas para os diferentes hábitos de crescimento e espécies ocorrentes no Chaco. Letras distintas indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).....34

Figura 7. Micromorfologia da epiderme dos estômatos das espécies do Chaco avaliadas. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl.; **Arbustos:** E - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, F - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, G - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** H - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, I - *Araujia stormiana* Morong, J - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, L - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Ervas:** M - *Pterocaulon purpurascens* Malme, N - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, O - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., P - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.....35

Figura 8. Micromorfologia da epiderme das espécies estudadas evidenciando a presença de tricomas, das espécies do Chaco avaliadas. A – *Pterocaulon purpurascens* Malme, B - *Araujia stormiana* Morong, C - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, D - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., E – *Aristolochia esperanzae* Kuntze, F - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo.....37

Figura 9. Micromorfologia dos tricomas das espécies do Chaco avaliadas. A – *Aristolochia esperanzae* Kuntze., B - *Araujia stormiana* Morong, C,D – *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Tabebuia nodosa* Standl, H - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy.....39

Figura 10. Variáveis anatômicas e ecofisiológicas mensuradas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintas taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).....40

Capítulo II

Figura 1. Ilustração dos traços funcionais foliares de espécies arbóreas, arbustivas, trepadeiras e ervas do Chaco, Mato Grosso do Sul, Brasil.....60

Figura 2. Ordenação (PCA) construída a partir dos traços funcionais – morfológicos e anatômicos - analisados para as espécies do Chaco. **Abreviações:** Ara_odo - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, Ara_sto - *Araujia stormiana* Morong, Ari_esp - *Aristolochia esperanzae* Kuntze, Asp_que - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl., Coc_par - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, Ipo_sp - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, Jat_rib - *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill, May_ili -

Maytenus ilicifolia (Schrad.) Planch, Pte_pur - *Pterocaulon purpurascens* Malme, Pro_rus - *Prosopis ruscifolia* Griseb., Rue_ery - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, Sch_bal - *Schinopsis balansae* Engl., Sta_cay - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Sta_jam - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl., Tab_nod - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl. **Traços:** AFE - Área Foliar Específica, compest – comprimento dos estômatos, densest – densidade estomática, denstric – densidade de tricomas, escler – presença de esclerênquima, espaçoamplo – parênquima esponjoso com espaços amplos, espaçocompacto – parênquima esponjoso com espaços compactos, invest – investimento em tecidos fotossintéticos, mesofilo – classificação quanto ao tipo de mesofilo.....62

Figura 3. Dendrograma funcional de análise de agrupamento obtido pelo método das médias agrupando as espécies segundo suas semelhanças funcionais **Abreviações:** Ara_odo - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, Ara_sto - *Araujia stormiana* Morong, Ari_esp - *Aristolochia esperanzae* Kuntze, Asp_que - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl., Coc_par - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, Ipo_sp - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, Jat_rib - *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill, May_ili - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, Pte_pur - *Pterocaulon purpurascens* Malme, Pro_rus - *Prosopis ruscifolia* Griseb., Rue_ery - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, Sch_bal - *Schinopsis balansae* Engl., Sta_cay - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Sta_jam - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl., Tab_nod - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl.....64

Figura 4. Árvore de decisão utilizada para análise de traços funcionais em hábitos de crescimento de espécies do Chaco Brasileiro.....66

1. Introdução Geral

As características de uma planta são consideradas traços funcionais quando afetam o desempenho da espécie (Violle et al., 2007) e, estudos com grupos funcionais e traços foliares tem demonstrado que as comunidades vegetais são muitas vezes compostas por fenótipos variáveis nessas características (de Bello et al., 2009; Hushof & Swenson, 2010). Os valores dos diversos traços funcionais podem ser entendidos como caracteres componentes de um fenótipo de determinadas espécies, populações ou até comunidades vegetais (Messier et al., 2010). A correlação entre os traços pode fornecer pistas valiosas de como se estruturam as comunidades (Scheiner, 1993; Gianoli & López-Palacio, 2009; Messier et al., 2010), levando em conta que a variação desses traços é de extrema importância para determinar a co-existência de grande número de espécies, dado processos de variabilidade e filtragem ambiental (Ghalambor et al., 2009).

A folha é o principal órgão fotossintetizante das plantas, influenciando os diversos processos biológicos, a exemplo do crescimento e reprodução (Nicklas et al., 2007) em todos os biomas do planeta. Assim, o conjunto de traços foliares pode indicar se as plantas estão adaptadas a ambientes secos e/ou sazonalmente com déficit hídrico, plantas xeromorfas e/ou xerófilas por exemplo (Burrows, 2001; Fahmy, 1997; Fahn & Cutler, 1992; Rotondi et al., 2003). As adaptações de espécies xerófilas conquistadas ao longo do seu processo evolutivo evitam e/ou toleram o estresse hídrico (Turner, 1979; 1986), enquanto espécies mesófilas possuem traços funcionais distintos destes, com menor capacidade de evitar a perda d'água em condições de déficit hídrico (Hanson, 1982). No entanto deve-se considerar num processo adaptativo os aparatos ecofisiológicos, que evoluíram paralelamente aos atributos morfoanatômicos e são igualmente importantes para a tolerância e/ou resistência das espécies ao déficit hídrico (Larcher, 2003), ou a qualquer outra condição física do ambiente.

Uma das áreas com reconhecida diversidade ambiental e ecológica, que constitui a maior área de bosques do continente sul americano depois da Amazônia, é o Chaco (Prado, 1993). Este bioma apresenta grande diversidade de ambientes, com extensas áreas planas, serras, grandes rios, savanas secas e inundáveis, brejos, banhados e salinas e ampla extensão e diversidade de florestas, tornando-o importante foco para pesquisas ecológicas e estruturais. Esta ampla gama de ecossistemas contém alta diversidade de espécies e taxa relativamente alta de endemismo em comparação a outros ambientes áridos, semi-áridos e subúmidos (Hueck, 1955; Veloso, 1972; Chodat & Vischer, 1916; Adámoli, 1986; Allem & Valls, 1987). É considerado um bioma de alta prioridade para a conservação na escala regional (Táلامo & Caziani, 2003), no entanto, infelizmente até o momento nenhuma área de preservação ambiental ainda foi instituída no Brasil.

A grande variabilidade de relevos e processos naturais de inundação do Chaco brasileiro, permitem a disponibilização de uma grande diversidade de nichos, o que leva a seleção de conjunto de espécies com elevada especialização, conseqüentemente, em grande diversidade de funções.

Neste contexto, o objetivo desta dissertação foi avaliar e descrever a morfologia e anatomia de dezesseis espécies, agrupadas em quatro grupos de acordo com o hábito de crescimento, e que ocorrem nas áreas periodicamente inundadas do Chaco brasileiro, analisando qualitativa e quantitativamente traços funcionais das folhas, a luz de interpretações adaptativas estruturais e ecofisiológicas. Pretende-se também testar se as características estruturais e funcionais foliares divergem entre os hábitos que co-ocorrem em remanescentes do Chaco e se é possível separá-las em grupos funcionais.

Área de estudo e Grupo de espécies analisadas:

O termo Chaco é empregado para caracterizar um domínio vegetacional constituído de florestas úmidas, xeromórficas e de formações de aspecto savânico, compostos por um estrato arbustivo descontínuo, com predominância de espécies de mimosoides espinescentes, e camadas esparsas de herbáceas intercaladas por bromeliáceas e cactáceas (Cabrera & Willink, 1980; Pennington et al., 2000). Este domínio estende-se por 800.000 km² na América do Sul, ocorrendo nas planícies do norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e no oeste do Brasil (Hueck, 1972; Prado, 1993).

A porção brasileira do Chaco está restrita à borda do extremo sudoeste de Mato Grosso do Sul e ocupa áreas contínuas de 6,7% da vegetação da sub-região pantaneira do Nabileque, estando ausente nas demais sub-regiões de domínio do Pantanal (Prado, 1993; Silva et al., 2000). É classificado como Savana Estépica, e subdividido em Savana Estépica Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo-Lenhosa, conforme o estrato predominante (IBGE, 1992).

As formações de Chaco de Porto Murtinho são contínuas e classificadas como as únicas verdadeiramente chaquenhas em território brasileiro, com cerca de 70% de elementos do Chaco *sensu stricto* (Prado, 1993). A região é considerada a porção mais úmida da Província do Chaco, com precipitação média de 1.200 mm ano, é caracterizada por apresentar clima quente e seco, com predomínio de chuvas sazonais, às vezes concentradas em curto período de três a quatro meses, tendo secas prolongadas (Brasil, 1982; Ramella & Spichiger, 1989; Pennington et al., 2000). No Chaco são registradas as maiores temperaturas absolutas da América do Sul, com temperatura média variando de 18° C ao sul a 26° C ao norte, com máxima de 48° C (Nunes, 2006; Prado, 1993), sendo os solos solonetz solodizado e planossolo (Brasil, 1982; Ramella & Spichiger, 1989; Pennington et al., 2000), extremamente compactados e impermeáveis.

Dentre os quatro subgrupos de vegetação reconhecidos para o Chaco brasileiro, a Savana Estépica Arborizada representa a mais extensa e de fácil reconhecimento devido à fitofisionomia e aos

elementos florísticos. Este subgrupo é constituído por árvores esparsas, retorcidas, espinescentes, com média de 5 metros de altura (Veloso et al., 1972; Cabrera & Willink, 1980). A Savana Estépica Florestada (Chaco Florestado) segundo o IBGE (1992) caracteriza-se por árvores adensadas, de porte elevado, com predomínio de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schtdl. e *Schinopsis balansae* Engl.

O estudo foi realizado com 16 espécies (Fig. 2, Tabela 1), de quatro diferentes hábitos de crescimento, sendo eles: árvores, arbustos, trepadeiras e ervas. A divisão das espécies em hábitos de crescimento foi dada a partir da classificação de Clements (1920): **Árvores:** vegetal lenhoso com altura acima de 2 metros possuindo um tronco geralmente definido. Apresenta ramos com crescimento secundário; **Arbusto:** vegetal variando entre 1 a 3 metros de altura, resistente e lenhoso no caule, possui geralmente mais de um caule sem tronco predominante, ramificando-se próximo ou desde a base. Apresenta também, crescimento secundário em seus ramos; **Trepadeiras:** planta herbácea, com ramos longos, delgados, flexíveis ou com gavinhas, que cresce geralmente apoiada sobre plantas eretas lenhosas; **Ervas:** vegetal que possui um pequeno porte, até 40 cm, com um pequeno ramo aéreo pouco ou não suberizado, raramente apresentando mais de um ramo aéreo.

As coletas foram realizadas em remanescentes de Savana Estépica Arborizada (Chaco Arborizado), na Fazenda Anahí, localizada a 15 km de Porto Murтинho entre as coordenadas 21°41'12"S e 57°44'05"W; correspondente a um remanescente de formação chaquenha com cerca 40 ha., e na Estrada do Dique Beira Rio, que contorna a cidade de Porto Murтинho, entre as coordenadas 21°42'37,51"S e 57°53'55,83"W, ambas no sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil (Fig. 1).

Tabela 1. Relação das espécies do Chaco selecionadas para o estudo de variação em traços funcionais e interpretações ecológicas em folhas de diferentes hábitos, seguidas de suas áreas de ocorrência e número do coletor.

Hábito	Família	Distribuição	Número do Coletor
Árvore			
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	Anacardiaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 67
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Fabaceae – Mimosoideae	Chaco e Caatinga	A.Guerra, 68
<i>Tabebuia nodosa</i> (Mart.) Standl	Bignoniaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 69
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schlttdl.	Apocynaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 84
Arbusto			
<i>Capparicordis tweediana</i> (Eichler) Iltis & Carnejo	Capparaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 70
<i>Coccoloba paraguariensis</i> Lindau	Polygonaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 71
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch	Celastraceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 72
<i>Jatropha ribifolia</i> Pohl (Baill)	Euphorbiaceae	Chaco, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal.	A.Guerra, 73
Trepadeira			
<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir) Choisy	Convolvulaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 76
<i>Araujia stormiana</i> Morong	Apocynaceae	Chaco e Cerrado	A.Guerra, 81
<i>Araujia odorata</i> (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder	Apocynaceae	Chaco, Cerrado e Pampa	A.Guerra, 83
<i>Aristolochia esperanzae</i> Kuntze	Aristolochiaceae	Chaco e Cerrado	A.Guerra, 75
Erva			
<i>Ruellia erythropus</i> (Nees) Lindau	Acanthaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 79
<i>Pterocaulon purpurascens</i> Malme	Asteraceae	Chaco, Cerrado e Pampa	A.Guerra, 78
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Reich.) Vahl.	Verbenaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 77
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> Vahl.	Verbenaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 74

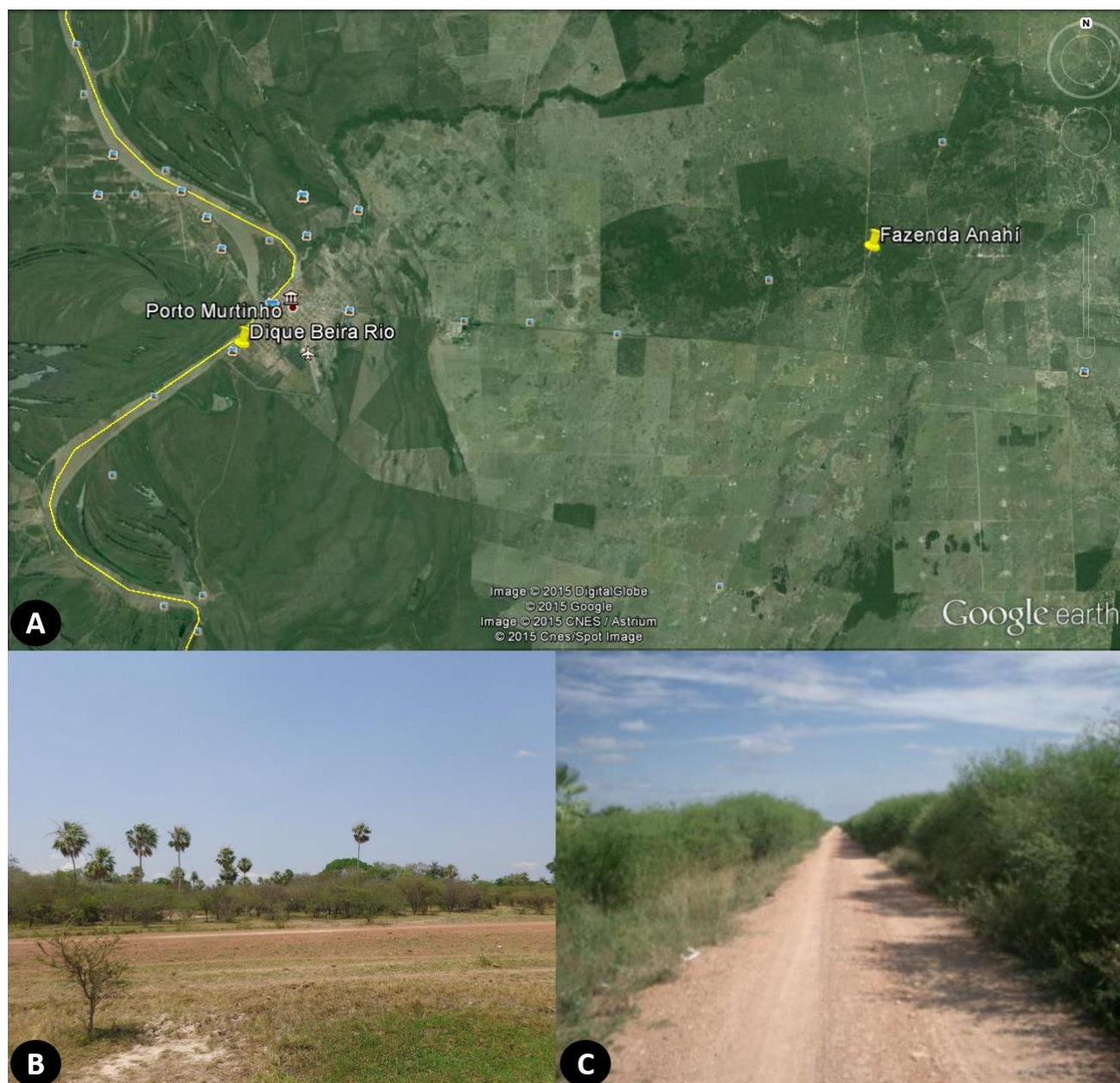


Fig. 1. Aspectos gerais das áreas de coleta. A – Mapa com a localização das áreas de coleta, B – Savana Estépica Arborizada na Fazenda Anahí, C – Savana Estépica Arborizada no Dique Beira Rio.



Fig. 2. Ilustrações das espécies avaliadas do Chaco. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld.; **Arbustos:** E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeira:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Erva:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme; O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.

Visando descrever a estrutura foliar de 16 espécies ocorrentes no Chaco e testar se características estruturais e funcionais foliares divergem entre estas espécies e entre os hábitos avaliados, e estabelecer grupos funcionais para entender a estrutura de suas comunidades vegetais, esta dissertação é composta por dois capítulos: O **Capítulo I - Os traços foliares que indicam esclerofilia convergem entre espécies e hábitos de crescimento que ocorrem naturalmente no Chaco brasileiro?**, apresenta a morfoanatomia das espécies: *Schinopsis balansae* Engl., *Prosopis ruscifolia* Griseb., *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld., *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, *Coccoloba paraguariensis* Lindau, *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill), *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, *Araujia stormiana* Morong, *Araujia odorata* (Hook.

& Arn.) Fontella & Goyder, *Aristolochia esperanzae* Kuntze, *Pterocaulon purpurascens* Malme, *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl. e *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl (Fig. 1), e discute as características adaptativas destes espécies neste ambiente particular; e o **Capítulo II - Variação em traços funcionais foliares entre espécies de diferentes hábitos do Chaco**, que objetiva definir os traços funcionais foliares das espécies citadas, na tentativa de correlacionar estes traços ao hábito destas espécies.

2. Referências

- Adámoli, J. 1986. Fitogeografia do Pantanal. In: Anuais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômics do Pantanal. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS, pp. 90-106.
- Allem, A.C. & Valls, J.F.M. 1987. Recursos forrageiros do Pantanal Mato-Grossense. Brasília: Embrapa-Cenargen, pp. 339.
- Brasil. 1982. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande - Levantamento de Recursos Naturais, 28. Rio de Janeiro: MME. 412p.
- Burrows, G.E. 2001. Comparative anatomy of the photosynthetic organs of 39 xeromorphic species from subhumid New South Wales, Australia. *International Journal Plant Science* 162, 411-430.
- Cabrera, A.L. & Willink, A. 1980. Biogeografía de America Latina. 2nd Ed. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. 120 p.
- Chodat, R. & Vischer, W. 1916. La vegetation du Paraguay. (J. C. Vaduz, Ed). (*Historiae Naturalis Classica*, 51), 1977, pp. 558.
- Clements, F.C. 1920. Plant indicators: the relation of plants communities to process and practice. The Carnegie Institute of Washigton.
- de Bello, F., Thuiller, W., Leps, J., Choler, P., Clement, J.C., Macek, P., Sebastia, M.T. & Lavorel, S. 2009. Partitioning of functional diversity reveals the scale and extent of trait convergence and divergence. *Journal of Vegetation Science* 20, 475-486.
- Fahmy, G.M. 1997. Leaf anatomy and its relation to the ecophysiology of some non-succulent desert plants from Egypt. *Journal of Arid Environments* 36, 499-525.
- Fahn, A., Cutler, D. 1992. Xerophytes. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Ghalambor, C.K., McKay, J.K., Carroll, S.P. & Reznick, D.N. 2009. Adaptive versus non-adaptive phenotic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. *Functional Ecology* 21, 394-407.
- Gianoli, E., Palacio-López, K. 2009. Phenotypic integration may constrain phenotypic plasticity in plants. *Oikos* 118, 1924-1928.

- Hanson, D.A., Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review Plant Physiology* 33, 163-203.
- Hueck, K. 1955. Bosques chaquenhos e extração de tanino no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 17, 343-346.
- Hueck, K. 1972. As regiões de matas do Chaco e áreas marginais. In: *As florestas da América do Sul: Ecologia, Composição e Importância Econômica*. Editora Polígono, Brasília, 240-275pp.
- Hushof, C.M., Swenson, N.G. 2010. Variation in leaf functional traits values within and across individuals and species: an example from a Costa Rica dry forest. *Functional ecology* 24, 213-223.
- IBGE. 1992. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE (Séries Manuais Técnicos em Geociências, n. 1). 94pp.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology*. 4th Ed. Springer, New York.
- Messier, J., McGill, B.J., Lechowicz, M.J. 2010. How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology. *Ecology letters* 13, 838-848.
- Nicklas, K.J., Cobb, E.D., Niinemets, U., Reich, P.B., Sellin, A., Shipley, B., Wright, I.J. 2007. "Diminishing returns" in the scaling of functional leaf traits across and within species groups. *PNAS* 104, 8891-8896.
- Nunes, G.P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenhos brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Pennington, R.T., Prado, D.E., Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261,273.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. *Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco*. *Candollea* 48, 145-172.
- Ramella, L., Spichiger, L. 1989. Interpretación preliminar del medio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. *Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco*. I. *Candollea* 44, 639-680.
- Rotondi, A., Rossi, F., Asunis, C. & Cesaraccio, C. 2003. Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem. *Journal Mediterranean Ecology* 4, 25-35.
- Scheiner, S.M. 1993. Genetics and Evolution of phenotypic plasticity. *Annals Review of Ecology and Systematics* 24, 35-68.
- Silva, M.P., Mauro, R., Mourão, G. & Coutinho, M. 2000. Distribuição e Quantificação de Classes de Vegetação do Pantanal Através de Levantamento Aéreo. *Revista brasileira de Botânica* 23, 143-152.

- Tálamo, A. & Caziani, S.M. 2003. Variation in wood vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 184, 79-91.
- Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: Mussel, H.; Staples, R.C. (Eds.). *Stress physiology in crop plants*. New York, Wiley Interscience, pp. 468-478.
- Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Australian Journal Plant Physiology*, 13, 175-190.
- Veloso, H.P. 1972. Aspectos fitoecológicos da Bacia do Alto Rio Paraguai. São Paulo, USP, Instituto de Geografia. pp. 31.
- Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. & Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116, 882-892.

CAPÍTULO I - A ser submetido ao Periódico *Journal of Arid Environments*

OS TRAÇOS FOLIARES QUE INDICAM ESCLEROFILIA CONVERGEM ENTRE ESPÉCIES E HÁBITOS DE CRESCIMENTO DO CHACO BRASILEIRO?

Angélica Guerra* & Edna Scremin-Dias

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Campo Grande, Campo Grande, Brasil.

*Autor para correspondência: angelicaguerra14@hotmail.com

Resumo

Os traços foliares podem indicar o quanto as plantas estão adaptadas a ambientes secos e/ou sazonalmente com déficit hídrico (plantas xeromorfas e/ou xerófilas). Estômatos dispostos em depressões, posicionando-se abaixo da superfície da epiderme, tricomas numerosos, presença de hipoderme e de parênquima aquífero, células com paredes espessas e lignificadas, tanto ao redor das unidades vasculares quanto em outras regiões do mesofilo, e redução na espessura do mesofilo e da lâmina foliar, decorrentes de redução no número de estratos celulares ou diminuição dos espaços intercelulares são características descritas como eficientes em evitar a perda d'água durante o déficit hídrico do ambiente. Neste trabalho é descrita a morfo-anatomia de dezesseis espécies, de quatro hábitos de crescimento, discorrendo sobre as possíveis adaptações ao ambiente semi-árido do Chaco, para testarmos se os traços foliares que indicam esclerofilia convergem entre espécies e hábitos de crescimento que ocorrem naturalmente neste bioma. Foram analisados traços qualitativos e quantitativos da anatomia foliar das espécies, com ênfase em traços de possível adaptação ao ambiente semi-árido. A análise foliar quantitativa e qualitativa das espécies que compuseram o trabalho, nos permitiram afirmar que as espécies e hábitos de crescimento não apresentam uma convergência funcional frente às variações ambientais do Chaco. Apenas o grupo das trepadeiras apresenta estratégias semelhantes de adaptação ao ambiente, os demais grupos apresentam variações morfoanatômicas maiores do que o esperado para um ambiente considerado xeromorfo.

Palavras-chave: Atributos foliares, Hábitos de crescimento, Plasticidade fenotípica, Xerofilia.

1. Introdução

Entre os ambientes com evidente déficit hídrico sazonal destaca-se o Chaco, domínio vegetacional constituído de florestas úmidas, predominantemente xeromórficas e com formações de aspecto savânico, que distribui-se na parte central da América do Sul (Cabrera & Willink, 1980, Pennington et al., 2000). Extensas áreas com reconhecida diversidade ambiental e ecológica, constitui a maior área boscosa do continente sul americano, depois da Amazônia (Prado, 1993). Nele, grande diversidade de ambientes, com ampla gama de ecossistemas resulta em alta diversidade de espécies e uma taxa relativamente alta de endemismo em comparação a outros ambientes áridos, semi-áridos e subúmidos (Hueck, 1955; Veloso, 1972; Chodat & Vischer, 1916; Adámoli, 1986). Suas espécies possuem características estruturais facilmente reconhecidas, por apresentarem folhas em geral com limbo reduzido e caules espinescentes, além da semicaducifolia ou caducifolia.

Sabidamente as folhas, entre todos os órgãos das plantas, são as que mais efetivamente respondem as características abióticas em todos os biomas, influenciando diversos processos biológicos, a exemplo do crescimento e reprodução (Nicklas et al., 2007). Este órgão que contribui nos processos de estruturação e na dinâmica dos ecossistemas, está exposto às variações das condições ambientais e sua estrutura externa e interna têm sido interpretadas como adaptações ao seu ambiente de ocorrência (Fahn, 1986).

A anatomia da folha constitui aspecto decisivo na capacidade de adaptação e ajustes das espécies expostas a diferentes condições do ambiente (Hanba et al., 2002; Schluter et al., 2003), e seus atributos foliares indicam se as plantas estão adaptadas a ambientes secos e/ou sazonalmente com déficit hídrico (plantas xeromorfas e/ou xerófilas), por exemplo.

As espécies xerófilas serão mais eficientes se os estômatos estiverem dispostos em depressões, posicionando-se abaixo da superfície da epiderme, possuírem tricomas numerosos, presença de hipoderme e de parênquima aquífero, células com paredes espessas e lignificadas, tanto ao redor das unidades vasculares quanto em outras regiões do mesofilo, e redução na espessura do mesofilo e da lâmina foliar, decorrentes de redução no número de estratos celulares ou diminuição dos espaços intercelulares (Menezes et al., 2012; Elias et al., 2003).

Estômatos menores e em maiores densidades; relação entre superfície e volume foliar reduzida; cutícula e paredes periclinais externas das células epidérmicas espessadas; calotas de esclerênquima; parênquima paliçádico bem desenvolvido e idioblastos com compostos fenólicos e cristais (Burrows, 2001; Fahmy, 1997; Fahn & Cutler, 1992; Rotondi et al., 2003), são traços foliares relacionados às espécies xerófitas ou esclerófilas.

Todas as características adaptativas presentes em espécies xerófilas, conquistadas ao longo do seu processo evolutivo, estão relacionadas ao estresse de déficit hídrico sazonal (Turner, 1986),

enquanto as espécies mesófilas possuem adaptações relacionadas a perda d'água em menor grau e/ou eficiência (Hanson, 1982). Contudo, aparatos ecofisiológicos também evoluíram paralelamente aos atributos morfoanatômicos e são igualmente importantes para indicar a tolerância e/ou resistência das espécies ao déficit hídrico (Larcher, 2003).

A maioria dos trabalhos de anatomia ecológica referem-se às espécies lenhosas ou herbáceas, ou grupos específicos de plantas, especialmente daquelas ocorrentes no Cerrado, não sendo localizados na literatura trabalhos comparando as várias formas de vida presentes em ambientes do Chaco. Neste trabalho é descrita morfoanatomia de dezesseis espécies, pertencentes a quatro hábitos de crescimento, que ocorrem naturalmente no Chaco brasileiro e, considerando este ambiente está sujeito a sazonalidade hídrica, pretende-se responder se: 1) as adaptações das espécies estão relacionadas as características xeromórficas/escleromórficas; 2) os traços foliares que indicam esclerofilia convergem entre espécies e hábitos de crescimento para as espécies estudadas.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo e grupos de espécies estudadas

As formações de Chaco no território brasileiro ocorrem no município de Porto Murtinho – MS, são contínuas e as únicas verdadeiramente chaquenhadas no Brasil, com cerca de 70% de elementos do Chaco *sensu stricto* (Prado, 1993). A região é considerada a porção mais úmida da Província do Chaco, com precipitação média de 1.200 mm ano, é caracterizada por apresentar clima quente e seco, com predomínio de chuvas sazonais, às vezes concentradas em curto período de três a quatro meses, tendo secas prolongadas (Brasil, 1982; Ramella & Spichiger, 1989; Pennington et al., 2000). Neste bioma são registradas as maiores temperaturas absolutas da América do Sul, com temperatura média variando de 18° C ao sul a 26° C ao norte, com máxima de 48° C (Nunes, 2006; Prado, 1993). O solo é classificado como solonetz solodizado e planossolo (Brasil, 1982; Ramella & Spichiger, 1989; Pennington et al., 2000), extremamente compactados e impermeáveis.

O estudo foi realizado com 16 espécies, de quatro diferentes hábitos de crescimento, sendo elas: **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl.; **Arbustos:** E - *Cappari cordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Ervas:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme, O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl, Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl. Todas as espécies de trepadeiras coletadas cresciam apoiadas em espécies de árvores e arbustos. As coletas

foram realizadas na mesma época do ano (inverno, estação seca), em duas comunidades semelhantes: um remanescente de Savana Estépica Arborizada (Chaco Arborizado), na Fazenda Anahí, localizada a 15 km de Porto Murtinho entre as coordenadas 21°41'12"S e 57°44'05"W; corresponde a um remanescente de formação chaquenha com cerca 40 ha., e na Estrada do Dique Beira Rio, que contorna a cidade de Porto Murtinho, entre as coordenadas 21°42'37"S e 57°53'55"W, ambas no sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Foram analisados quatro indivíduos por espécie estudada, com o material testemunho incorporado ao Herbário CGMS, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

2.2 *Análise Morfológica*

Foram avaliadas trinta folhas completamente expandidas, recém coletadas à partir do quarto nó, de cada um dos quatro indivíduos selecionados de cada espécie. No caso de folhas compostas, foi avaliado o folíolo mediano. Foi calculado o Índice de Esclerofilia (IE) baseado em Rizzini (1976) - $IE = \text{massa seca (g)} / 2 \times \text{área foliar (cm}^2\text{)}$ - que estabeleceu que plantas esclerófilas apresentam $IE > 0,6$ e plantas mesófilas $IE < 0,6$. A área foliar específica (AFE), ou Índice de esclerofilia (Witkowski & Lamont 1991), foi calculado por meio da fórmula: $AFE (\text{cm}^2 \text{g}^{-1}) = \text{Área foliar (cm}^2\text{)} / \text{Massa de matéria seca (g)}$. Para isto, as folhas foram mantidas em estufa de secagem à 70°C por 72 horas e pesadas em balança de precisão digital para medida da massa seca; para o cálculo da área foliar, as folhas foram digitalizadas com auxílio do Software livre ImageJ versão 1.43. As medidas de massa seca e da área foliar foram feitas eliminando-se o pecíolo.

2.3 *Análise Anatômica*

Para a análise anatômica, foram coletados segmentos de limbo sadios, fixados em FAA₇₀ (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70%) (Johansen, 1940), por 24 horas, mantidos em vácuo para retirada do ar contido nos espaços intercelulares e, posteriormente, estocados em etanol 70%. As secções transversais de limbo foram obtidas a partir de material emblocado em historesina, seccionados em micrótomo rotatório, coradas com azul de toluidina, e montadas em Entellan®. Para análise da epiderme, foi feita a dissociação, cortando segmentos de 0,5 mm² e deixando em solução de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial (1:1) e deixado em estufa a 60°C por 24h (Franklin 1945 *apud* Kraus & Arduin 1997). Também foram elaboradas lâminas semipermanentes das secções transversais do limbo coradas com azul de astra e fucsina básica (Kraus et al., 1998), com as lâminas montadas com glicerina 50% e lutadas com esmalte incolor.

Para análise da superfície foliar, amostras fixadas das folhas foram desidratadas em série etanólica crescente, até etanol absoluto, submetidas ao ponto crítico do CO₂, montadas em suportes

apropriados e recobertas com fina camada de ouro antes da observação. As eletromicrografias da epiderme das espécies foram obtidas por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6380LV.

As análises qualitativas foram baseadas nas seguintes características: folha (dorsiventral ou isolateral), epiderme das faces adaxial e abaxial (unisseriada ou estratificada), tipo de feixe vascular (colateral, bicolateral ou anfivasal), orientação dos estômatos (hipoestomática, epiestomática ou anfiestomática), posição dos estômatos (abaixo, acima ou no mesmo nível das demais células epidérmicas), crista estomática (presente ou ausente) tipo de estômato, orientação dos tricomas (face abaxial, adaxial ou ambas as faces), tipo de tricoma, parede celular anticlinal da epiderme (reta ou sinuosa), esclerênquima (presente ou ausente), bainha de feixe (ausente, parênquima, esclerênquima ou ambos), espaços intercelulares do parênquima esponjoso (amplo ou compacto), além da presença ou ausência de drusas e compostos fenólicos.

Para a análise quantitativa foram mensuradas a espessura da epiderme das faces abaxial e adaxial, do mesófilo e a espessura total do limbo. Para a epiderme, calculou-se a densidade estomática e de tricomas por mm^2 e o comprimento dos estômatos. As análises foram conduzidas em cinco secções de diferentes folhas de cada um dos quatro indivíduos estudados. Para a medida de comprimento dos estômatos, foram selecionados trinta estômatos, de forma assistemática, para cada uma das cinco folhas de cada indivíduo. Calculou-se ainda, o investimento em espessura dos tecidos fotossintéticos na folha, dividindo-se a espessura do mesófilo pela espessura total da folha.

Os cortes foram analisados em microscópio fotônico e as fotomicrografias obtidas em microscópio fotônico com câmara de captura acoplada. A formatação das imagens, escalas e análise quantitativa foram realizadas com o software ImageJ versão 1.43.

1.4 Análise Estatística

Diferenças nos atributos funcionais foram testadas por meio da ANOVA de um fator seguido do teste de Tukey para detecção de grupos homogêneos ($\alpha= 0,05$). Essa análise foi conduzida para avaliar diferenças dos atributos funcionais entre formas de crescimento e entre as espécies.

Tendo em vista que a densidade estomática, comprimento dos estômatos e densidade de tricomas não puderam ser mensuradas para a espécie *Capparicordis tweediana*, nas análises que usaram esses traços, a espécie foi excluída para não haver alteração dos resultados. Todas as análises foram realizadas no ambiente computacional R (R development team 2014).

3. Resultados

As espécies avaliadas apresentaram grande variação na morfologia e tamanho foliar (Fig. 1). As nervuras são evidentes para todas as espécies e somente *Aspidosperma quebracho-blanco* e *M. ilicifolia* apresentaram espinhos nas folhas. As árvores e ervas apresentam folhas mais estreitas, os arbustos e trepadeiras possuem folhas mais largas, refletindo na área foliar e na massa seca (Fig. 2). As trepadeiras apresentaram os maiores valores de área foliar ($F_{3,60} = 11,76, P < 0,01$), massa seca ($F_{3,60} = 13,15, P < 0,01$) e Área Foliar Específica ($F_{3,60} = 3,20, P < 0,05$). As arbóreas apresentaram a menor AFE, e as maiores AFE ocorreram em *R. erythropus* (erva), *Aristolochia esperanzae* (trepadeira), *J. ribifolia* (arbusto) e *Araujia odorata* (trepadeira).

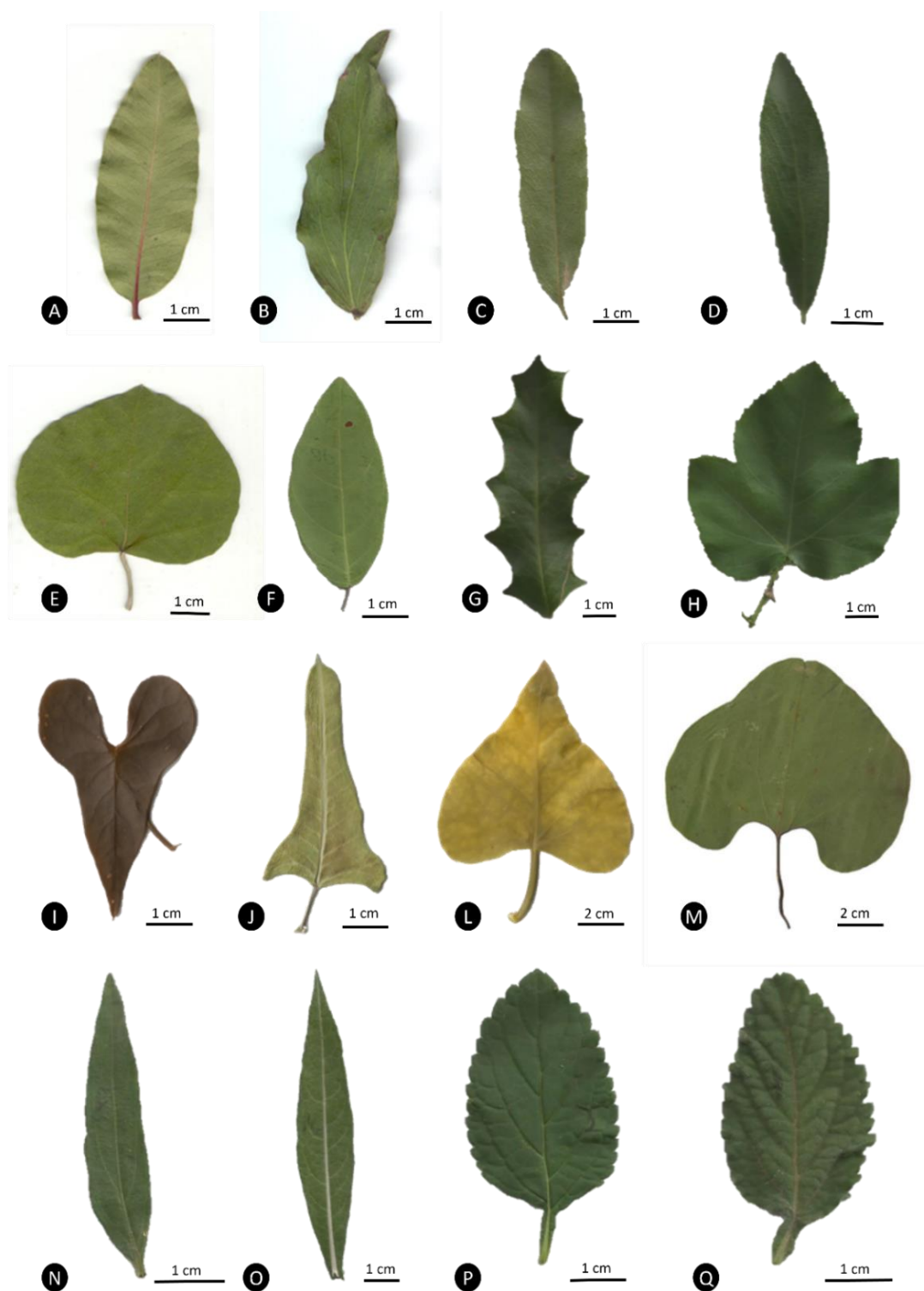


Fig. 1. Morfologia foliar das espécies do Chaco avaliadas. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl.; **Arbustos:** E - *Cappari cordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguayensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Ervas:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme, O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl, Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.

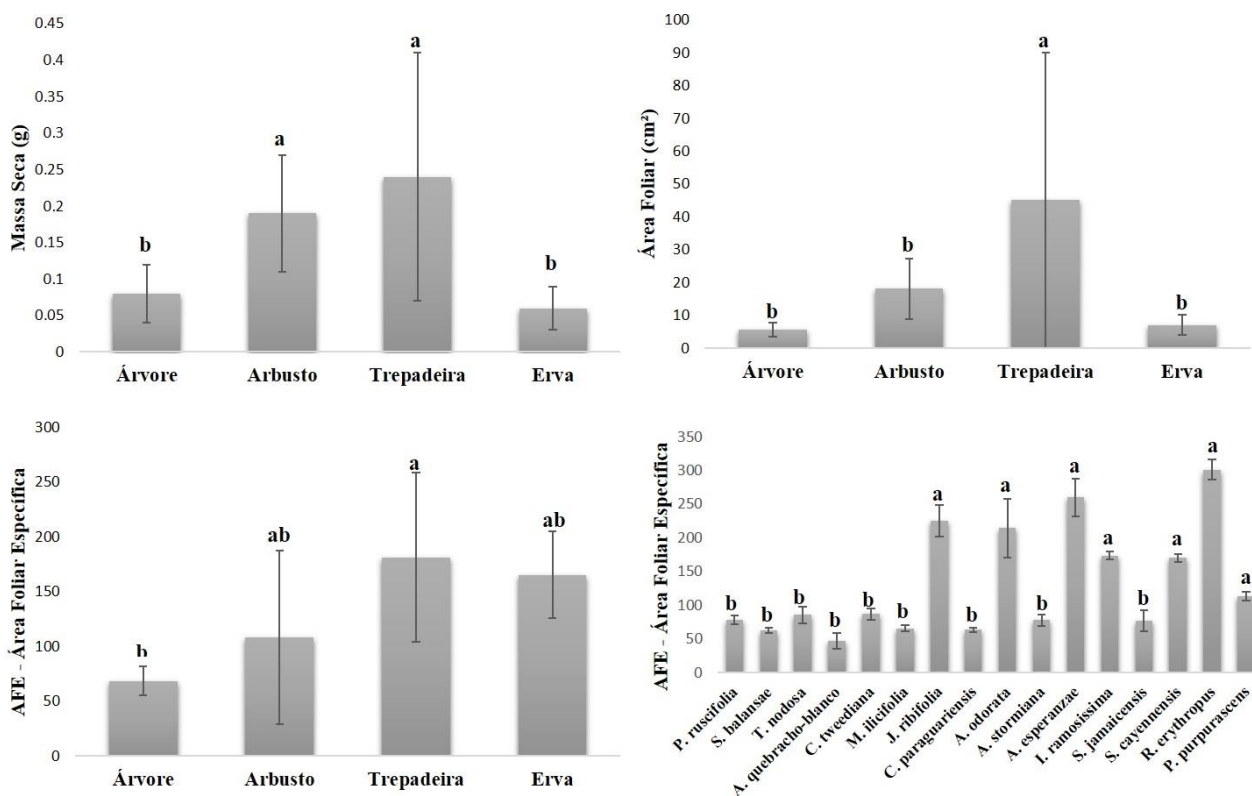


Fig. 2. Variáveis morfológicas e ecofisiológicas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintos taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 1. Descrição morfológica das espécies avaliadas do Chaco, seguida de suas análises quantitativas (média \pm Desvio padrão). **Abreviações:** cm² - centímetros quadrados, g – gramas.

Espécies	Massa seca (g)	Área foliar (cm²)	AFE (cm² g⁻¹)	IE – Índice de esclerofilia (Rizzini, 1976)	Classificação da folha
Árvore					
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	0,14 (\pm 0,05)	8,58 (\pm 2,57)	61,20 (\pm 3,92)	0,69	Esclerófila
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	0,07 (\pm 0,01)	5,41 (\pm 0,83)	78,74 (\pm 6,47)	0,20	Mesófila
<i>Tabebuia nodosa</i> Griseb.	0,07 (\pm 0,02)	6,05 (\pm 1,16)	85,48 (\pm 12,47)	0,63	Esclerófila
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schldl.	0,06 (\pm 0,01)	3,39 (\pm 0,19)	58,26 (\pm 11,35)	0,90	Esclerófila
Arbusto					
<i>Capparcordis tweediana</i> (Eichler) Iltis & Carnejo	0,28 (\pm 0,06)	24,05 (\pm 6,30)	87,50 (\pm 8,60)	0,59	Esclerófila
<i>Coccoloba paraguayensis</i> Lindau	0,13 (\pm 0,03)	8,08 (\pm 1,49)	63,62 (\pm 3,10)	0,81	Esclerófila
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schr.) Planch	0,25 (\pm 0,07)	13,44 (\pm 3,66)	56,68 (\pm 4,99)	0,93	Esclerófila
<i>Jatropha ribifolia</i> Pohl (Baill)	0,13 (\pm 0,03)	28,19 (\pm 7,54)	225,55 (\pm 23,31)	0,23	Mesófila
Trepadeira					
<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir) Choisy	0,11 (\pm 0,02)	17,97 (\pm 3,14)	173,64 (\pm 6,30)	0,29	Mesófila
<i>Araujia stormiana</i> Morong	0,21 (\pm 0,06)	20,98 (\pm 4,24)	77,76 (\pm 8,15)	0,01	Mesófila
<i>Araujia odorata</i> (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder	0,16 (\pm 0,05)	29,26 (\pm 6,10)	214,32 (\pm 43,33)	0,01	Mesófila
<i>Aristolochia esperanzae</i> Kuntze	0,48 (\pm 0,12)	112,01 (\pm 21,67)	259,76 (\pm 28,24)	0,17	Mesófila
Erva					
<i>Pterocaulon purpurascens</i> Malme	0,08 (\pm 0,01)	8,43 (\pm 1,07)	113,43 (\pm 6,51)	0,47	Mesófila
<i>Ruellia erythropus</i> (Nees) Lindau	0,05 (\pm 0,01)	4,16 (\pm 1,19)	91,12 (\pm 14,34)	0,69	Esclerófila
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Reich.) Vahl	0,11 (\pm 0,04)	8,64 (\pm 3,88)	76,95 (\pm 5,40)	0,67	Esclerófila
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> Vahl.	0,04 (\pm 0,01)	6,68 (\pm 1,05)	167,02 (\pm 15,54)	0,31	Mesófila

Pelo Índice de Esclerofilia (IE), as espécies arbóreas e arbustivas são predominantemente esclerófilas, enquanto as trepadeiras e herbáceas são predominantemente mesófilas (Tabela 1).

As espécies analisadas apresentaram grande variedade quanto à presença/ausência, tipo, distribuição e densidade de estruturas internas da folha, e dos anexos epidérmicos. Em todas as espécies, independente do hábito de crescimento, a epiderme é unisseriada, com exceção de *Aristolochia esperanzae*, que apresenta algumas células da epiderme da face adaxial, com divisão periclinal nas células, após sua diferenciação (Fig. 3M). A epiderme da face adaxial é mais espessa, e possui células mais volumosas que a epiderme da face abaxial na maioria das espécies (Fig. 3B, C, F, G, J, M, N, P, Q).

A parede anticlinal das células epidérmicas variou de contorno reto, para todas as espécies arbóreas e em 50% das espécies dos demais hábitos (Fig. 4A, B, C, D, E, G, H, J) e, para as demais espécies, a parede anticlinal da epiderme é sinuosa (Fig. 4I, L) ou variando de reta a sinuosa (Fig. 4F, M).

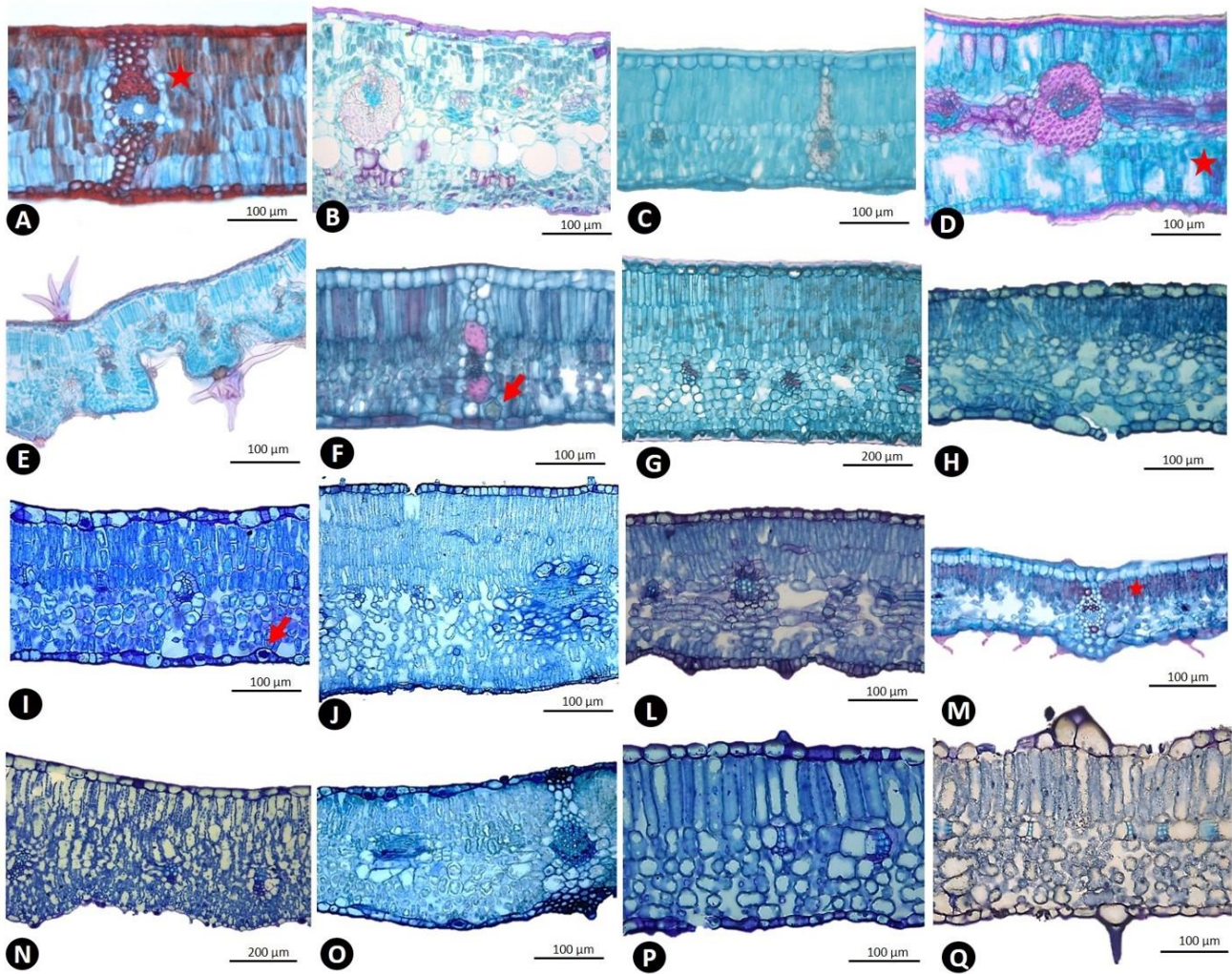


Fig. 3. Corte transversal do limbo das espécies do Chaco avaliadas, evidenciando a constituição do mesofilo. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl.; **Arbustos:** E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, H - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeira:** I - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, J - *Araujia stormiana* Morong, L - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, M - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Erva:** N - *Pterocaulon purpurascens* Malme; O - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, P - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Q - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl. **Seta:** Cristais, **Estrela:** Compostos Fenólicos.

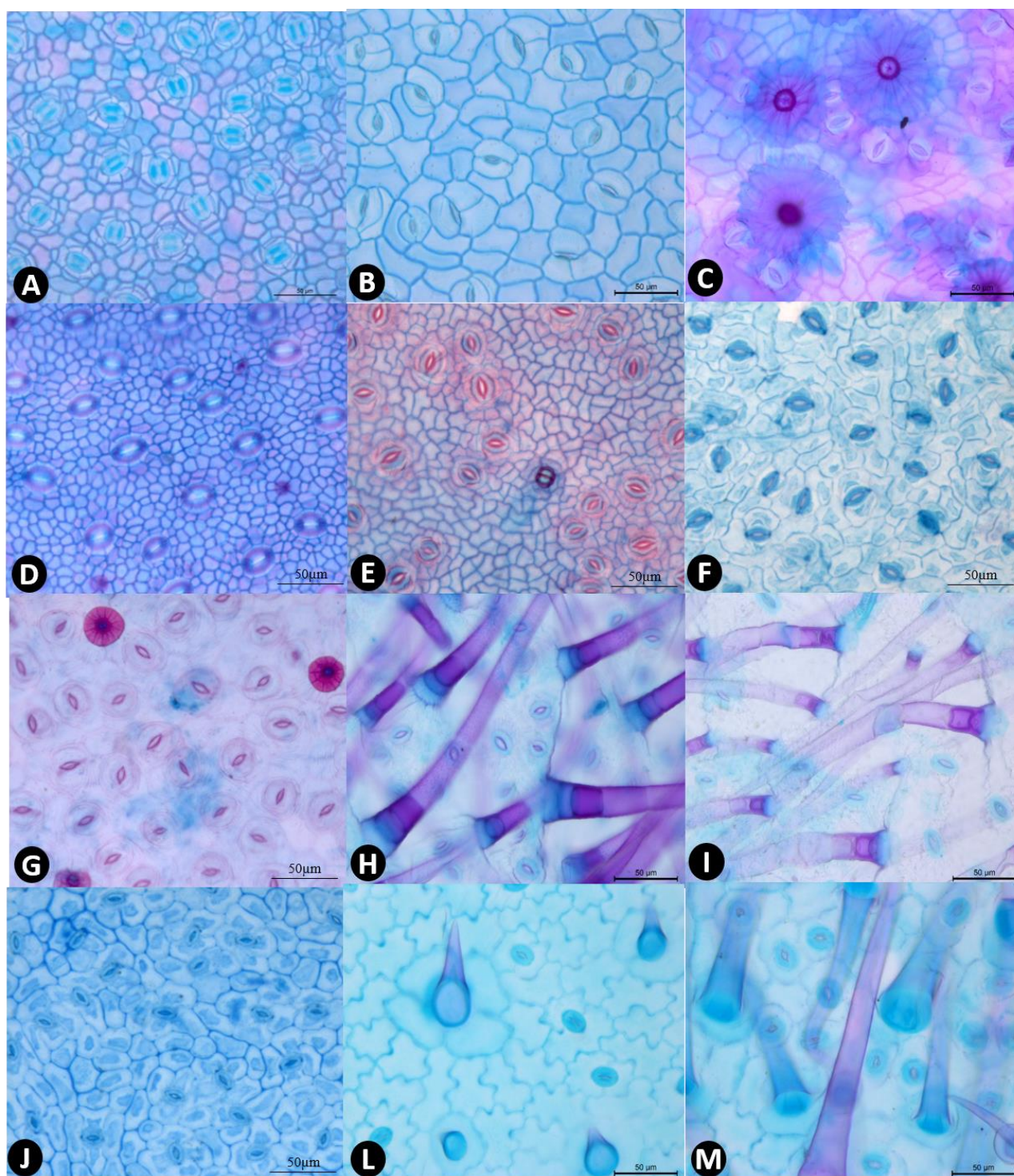


Fig. 4. Epiderme das espécies do Chaco analisadas, em vista frontal. **Arbóreas:** A – Face abaxial de *Schinopsis balansae* Engl., B – Face abaxial de *Prosopis ruscifolia* Griseb., C – Face abaxial de *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D – Face abaxial de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl.; **Arbustos:** E – Face abaxial de *Coccoloba paraguariensis* Lindau, F- Face adaxial de *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** G - Face abaxial de *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, H – Face abaxial de *Araujia stormiana* Morong, I – Face abaxial de *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder; **Ervas:** J – Face adaxial de *Pterocaulon purpurascens* Malme, L – Face abaxial de *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., M – Face abaxial de *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.

Nas espécies arbóreas a epiderme da face abaxial é mais espessa que das espécies dos demais hábitos avaliados, enquanto a face adaxial foi mais espessa nas ervas. Para as duas variáveis a menor espessura foi observada nos arbustos (Fig. 5).

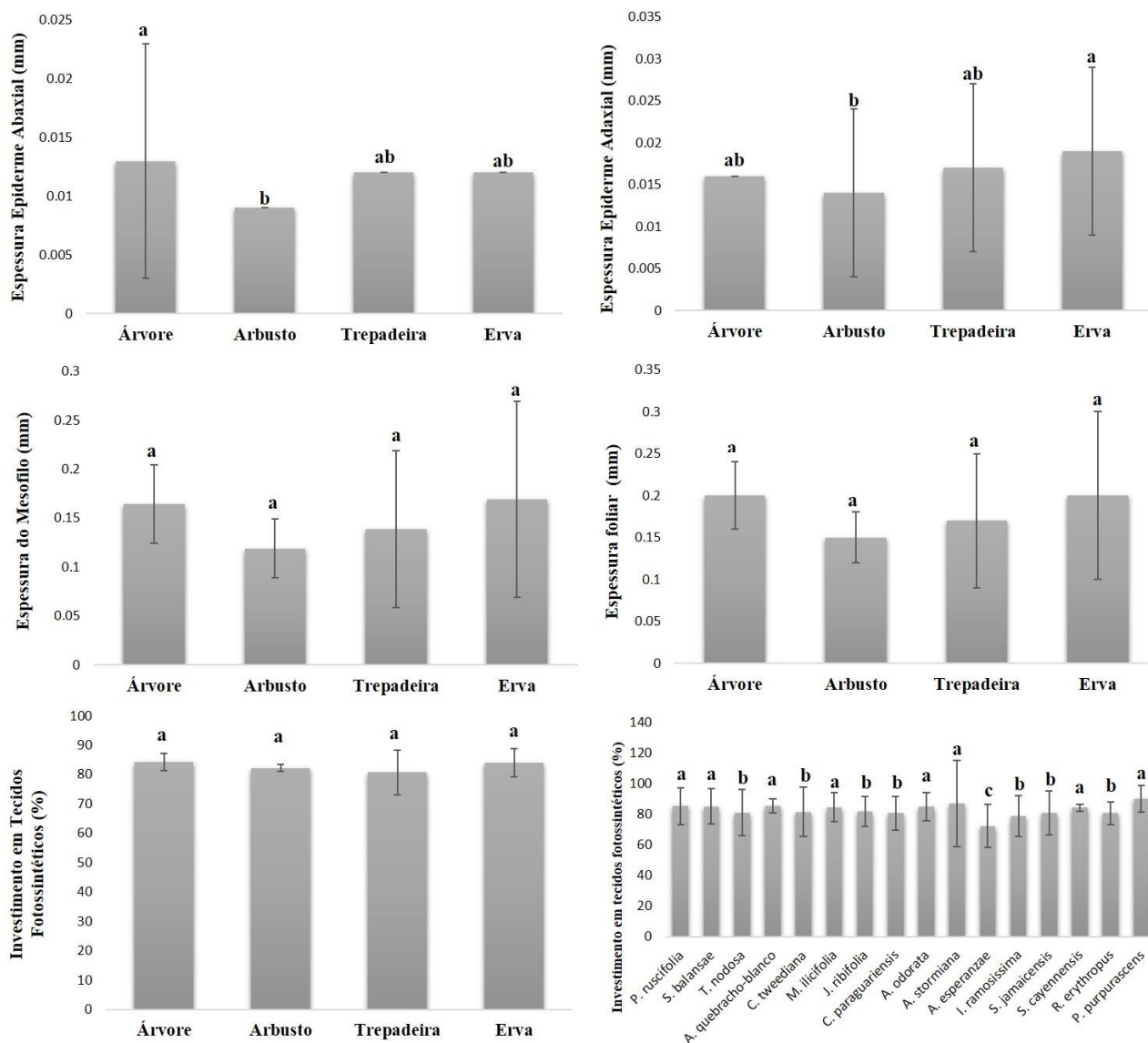


Fig. 5. Variáveis anatômicas e ecofisiológicas mensuradas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintas taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Em relação à distribuição dos estômatos, 69% das espécies apresentam folha anfiestomática, em 50% das espécies, os estômatos distribuem-se no mesmo nível das demais células epidérmicas, 38% estão abaixo das demais células epidérmicas e apenas duas espécies (*T. nodosa* e *S. cayennensis*) apresentam estômatos acima das demais células epidérmicas. Apenas cinco espécies apresentam crista estomática, sendo estômatos anomocíticos os mais comuns totalizando 77% das espécies (Fig. 4C, D,

E, G, H, I, J), seguidos de 23% diacítico (Fig. 4L, M), 15% de paracítico (Fig. 4B, F) e apenas *S. balansae* apresentou estômato do tipo ciclocítico (Fig. 4A).

A variação da densidade estomática foi evidente entre as espécies, mas não foi significativa quando comparados os hábitos ($F_{3, 60} = 1,01, P = 0,39$) (Fig. 6). Houve uma grande variação do comprimento dos estômatos entre as espécies, e esta característica evidenciou clara separação das espécies em dois grupos: as com caule lenhoso (árvores e arbustos), apresentaram estômatos maiores, que as espécies menos lenhosas (trepadeiras e ervas) (Fig. 6).

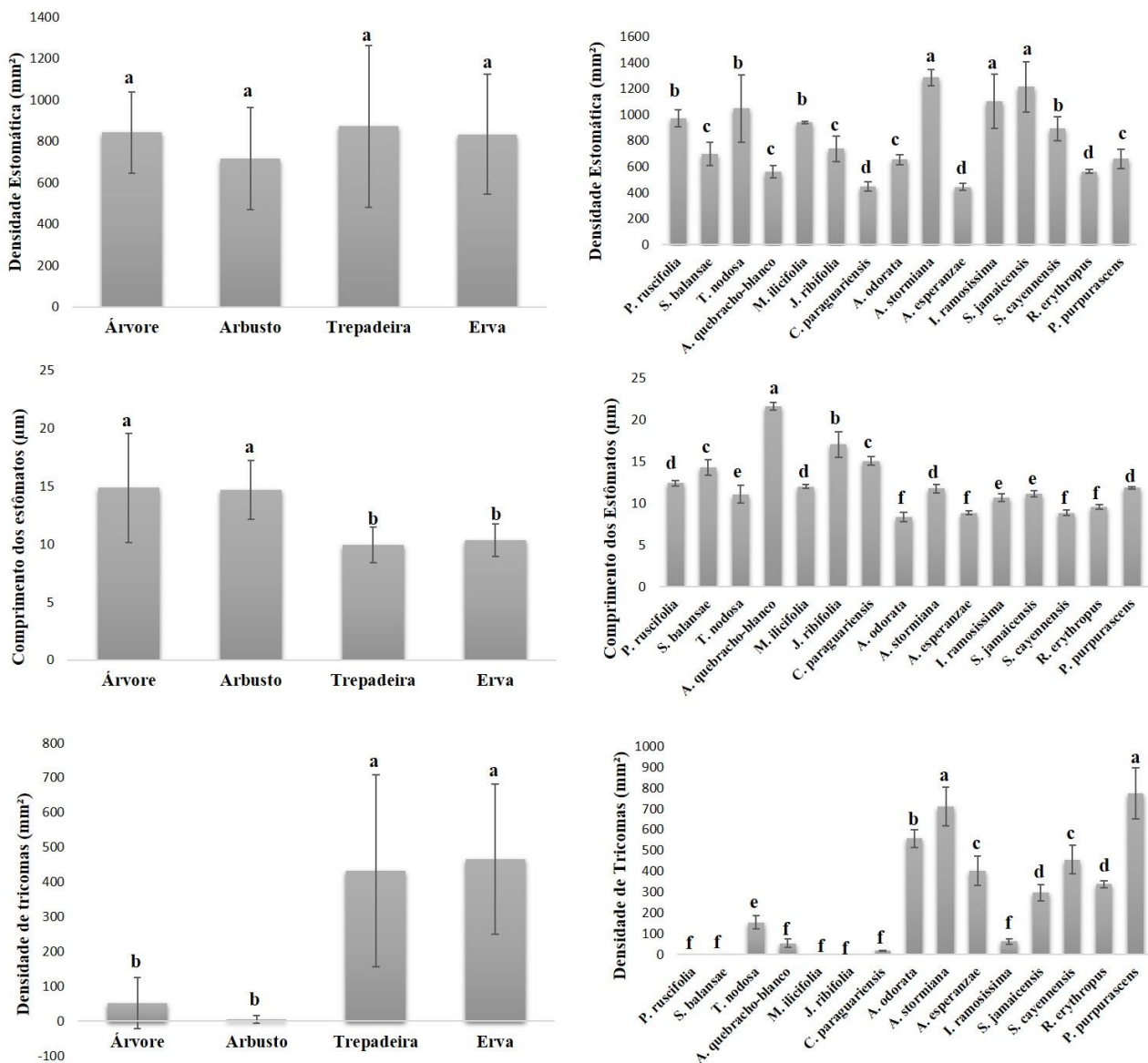


Fig. 6. Variáveis anatómicas analisadas para os diferentes hábitos de crescimento e espécies ocorrentes no Chaco. Letras distintas indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tuckey ($\alpha=0,05$).

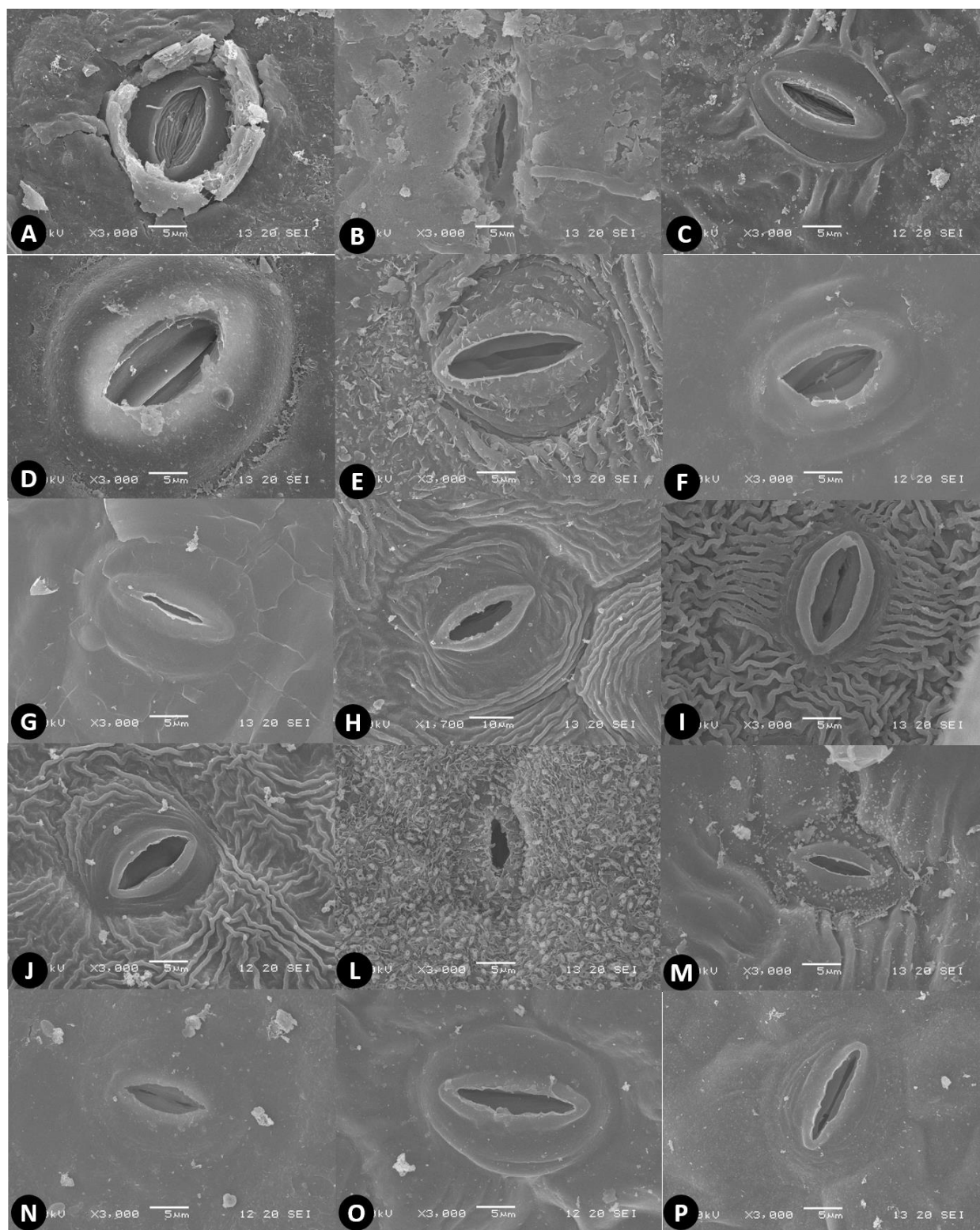


Fig. 7. Micromorfologia da epiderme dos estômatos das espécies do Chaco avaliadas. **Arbóreas:** A - *Schinopsis balansae* Engl., B - *Prosopis ruscifolia* Griseb., C - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl, D - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schtdl.; **Arbustos:** E - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, F - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, G - *Jatropha ribifolia* Pohl (Baill); **Trepadeiras:** H - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, I - *Araujia stormiana* Morong, J - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, L - *Aristolochia esperanzae* Kuntze; **Ervas:** M - *Pterocaulon purpurascens* Malme, N - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, O - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., P - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl.

Pela densidade de tricomas foi possível separar as espécies por grupos, com as espécies lenhosas com menor densidade de tricomas, e as herbáceas com grande densidade de tricomas (Fig. 6). Apenas quatro espécies estudadas são glabras, duas arbóreas (*P. ruscifolia* e *S. balansae*) e duas arbustiva (*M. ilicifolia* e *J. ribifolia*). *Aspidosperma quebracho-blanco* apresentou tricomas apenas na face abaxial, e as demais espécies têm tricomas em ambas as faces das folhas. Comparando os hábitos de crescimento, todas as espécies de trepadeiras e ervas avaliadas apresentam tricomas nas duas faces, enquanto as árvores e arbustos variam entre glabras, tricoma apenas na face abaxial e em ambas as faces. As espécies que apresentam maior densidade de tricomas são *P. purpurascens* (Fig. 8A), *Araujia stormiana* (Fig. 8B), *Araujia odorata* (Fig. 8C), *S. cayennensis* (Fig. 8D), *Aristolochia esperanzae* (Fig. 8E), *R. erythropus* e *S. jamaicensis*, todas ervas e trepadeiras. Além destas, *C. tweediana* (Fig. 8F) apresentou alta densidade de tricomas, mas pela dificuldade de dissociação do material, não foi possível quantificar.

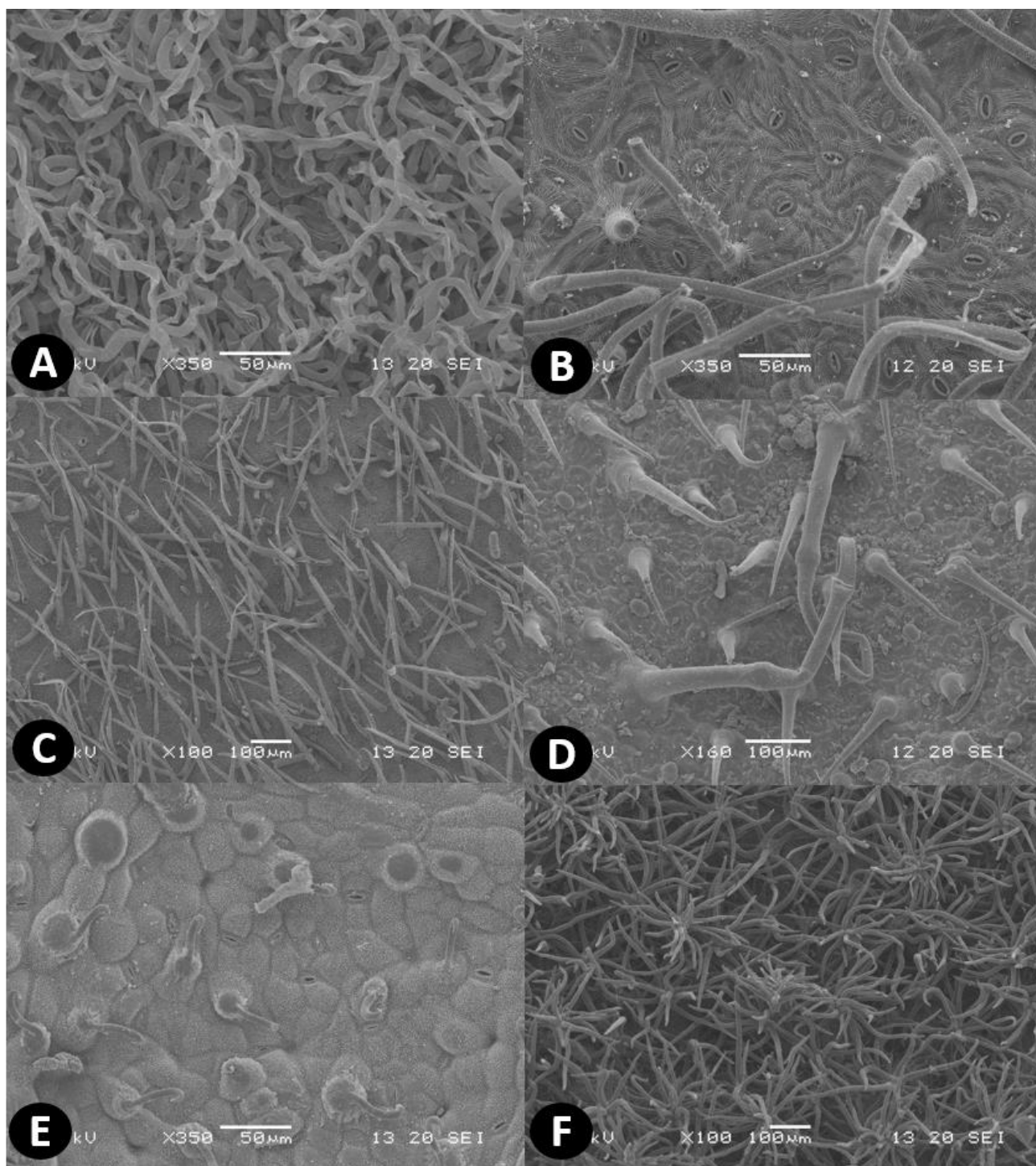


Fig. 8. Micromorfologia da epiderme das espécies estudadas evidenciando a presença de tricomas, das espécies do Chaco avaliadas. A – *Pterocaulon purpurascens* Malme, B - *Araujia stormiana* Morong, C - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, D - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., E – *Aristolochia esperanzae* Kuntze, F - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo.

Os tipos de tricomas variam enormemente entre as espécies. Foram observados desde tricomas tectores unicelulares (Fig. 9A, B, C, D), multicelulares (Fig. 9B, D), estrelados (Fig. 9E), escamoso peltado (Fig. 9F, G, H) e glandulares (Fig. 9C, D).

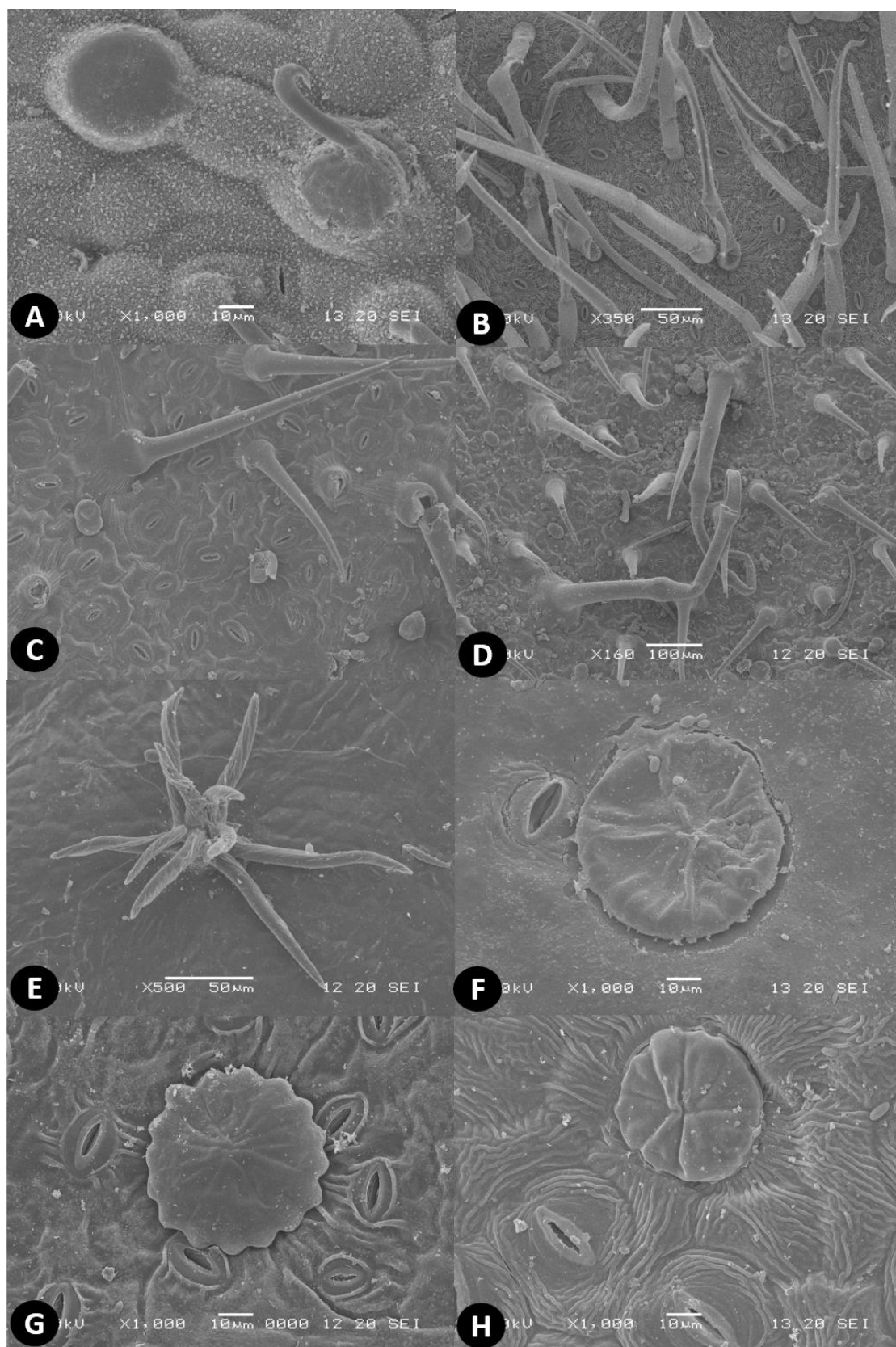


Fig. 9. Micromorfologia dos tricomas das espécies do Chaco avaliadas. A – *Aristolochia esperanzae* Kuntze., B - *Araujia stormiana* Morong, C,D – *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., E - *Capparicordis tweediana* (Eichler) Iltis & Carnejo, (Mart.), F - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, G - *Tabebuia nodosa* Standl, H - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy.

Para 75% das espécies analisadas a folha foi dorsiventral com parênquima paliçádico e esponjoso bem distintos (Fig. 3C, E, F, G, H, I, J, L, M, N, O, P, Q). As espécies *P. ruscifolia* (Fig. 3B), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Fig. 3D) e *S. balansae* (Fig. 3A), todas arbóreas, apresentaram, mesofilo isolateral. Nas espécies com parênquima esponjoso, os espaços intercelulares variaram de amplos a pequenos, com todas as espécies trepadeiras com espaços amplos.

A espessura do mesofilo ($F_{3,60} = 2,44$, $P = 0,07$) e espessura total do limbo ($F_{3,60} = 2,50$, $P = 0,07$) não variou entre as espécies dos distintos hábitos de crescimento avaliados. O investimento em tecidos fotossintéticos foi alto em todos os hábitos (>80%), e não variou significativamente quando comparados entre eles ($F_{3,60} = 1,93$, $P = 0,13$) (Fig. 10). Quando comparado entre as espécies, a espécie com menor investimento fotossintético foi *Aristolochia esperanzae*, uma trepadeira. Comparando as espécies arbóreas e os arbustos houve pouca variação no investimento em tecidos fotossintéticos entre as espécies, com variação acentuada deste atributo entre as trepadeiras e ervas (Fig. 10).

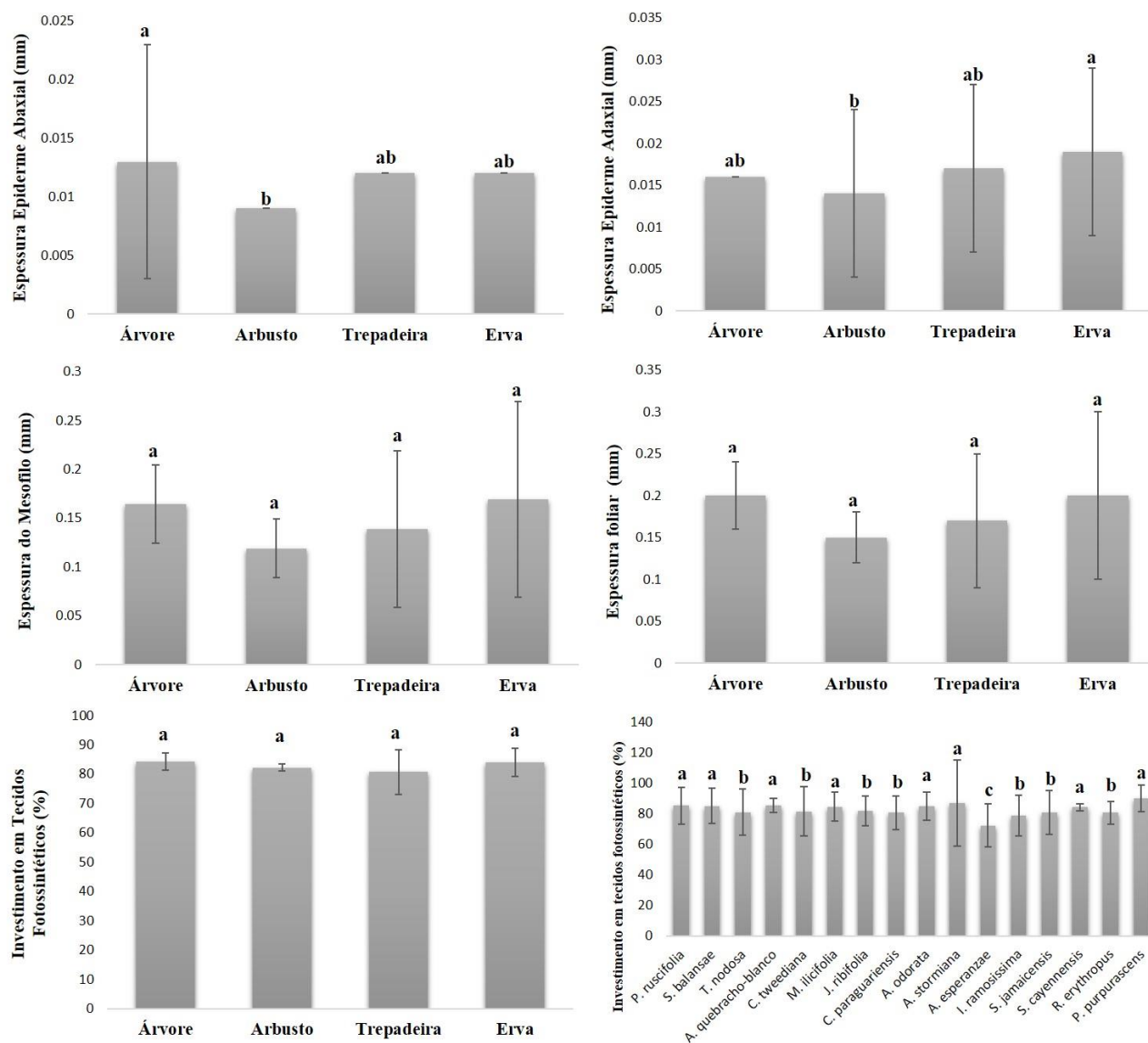


Fig. 10. Variáveis anatômicas e ecofisiológicas mensuradas em folhas de espécies de diferentes hábitos de crescimento e espécies de distintos taxa do Chaco. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Células aquíferas foram observadas em *P. ruscifolia*, *T. nodosa*, *S. cayennensis* e *S. jamaicensis*, em diferentes tecidos do limbo foliar (Fig. 2).

A maioria das espécies (69%) possuem esclerênquima em alguma região do limbo. Das espécies que não possuem, 87% são trepadeiras e ervas (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição anatômica qualitativa das folhas das espécies analisadas do Chaco. **Legenda:** Nível Ep. – Nível da Epiderme, AB – Epiderme da face abaxial, AD – Epiderme da face adaxial, Parenq. – Parenquimática, Escler – Esclerenquimática, (-) – Ausente, (+) – Presente.

Espécies	Parede da epiderme	Distribuição dos estômatos	Posição dos estômatos	Tipo de estômato	Distribuição dos tricomas	Tipo de Tricomas	Mesofilo	Espaços Parênquima esponjoso	Feixe Vascular	Esclerênquima	Extensão da Bainha	Compostos fenólicos	Cristais
Árvores													
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	Reta	Anfiestomática	Nível Ep.	Ciclocítico	-	-	Isolateral	-	Bicolatera 1 Fechado	+	Parenq e Escler	+	-
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Reta	Anfiestomática	Nível Ep.	Paracítico	-	-	Isolateral	-	Colateral Fechado	+	Escler	+	-
<i>Tabebuia nodosa</i> Griseb.	Reta	Hipoestomática	Acima Crista	Anomocítico	AB/AD	Escamoso peltado	Dorsiventral	Compacto	Bicolatera 1 Fechado	+	Parenq e Escler	+	-
<i>Aspidosperma quebracho- blanco</i> Schldtl.	Reta	Anfiestomática	Abaixo Crista	Anomocítico	AB	Tec. Simples	Isolateral	Compacto	Bicolatera 1 Fechado	+	Escler	+	+
Arbustos													
<i>Cappari cordis tweediana</i> (Eichler) Iltis & Carnejo	Sinuosa	Hipoestomática	Nível Ep.	Anomocítico	AB/AD	Plur estrel.	Dorsiventral	Compacto	Colateral Fechado	+	Parenq	+	-
<i>Coccoloba paraguariensis</i> Lindau	Reta	Anfiestomática	Abaixo Crista	Anomocítico	AB/AD	Glandular	Dorsiventral	Compacto	Colateral Fechado	+	Escler e Parenq	+	+
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch	Reta	Hipoestomática	Nível Ep. Crista	Anomocítico	-	-	Dorsiventral	Ampl	Colateral Fechado	+	-	+	-
<i>Jatropha ribifolia</i> Pohl (Baill)	Reta a sinuosa	Anfiestomática	Nível Ep.	Paracítico	-	-	Dorsiventral	Ampl	Colateral Aberto	-	-	-	+
Trepadeira													
<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir) Choisy	Reta	Anfiestomática	Nível Ep.	Anomocítico	AB/AD	Glandular Peltado	Dorsiventral	Ampl	Bicolatera 1 aberto	-	-	+	+
<i>Araujia stormiana</i> Morong	Sinuosa	Anfiestomática	Abaixo	Anomocítico	AB/AD	Tector simples e multi	Dorsiventral	Ampl	Bicolatera 1 aberto	-	-	-	+
<i>Araujia odorata</i> (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder	Reta	Anfiestomática	Abaixo	Anomocítico	AB/AD	Tector simples e mult	Dorsiventral	Ampl	Colateral aberto	-	-	-	-
<i>Aristolochia esperanzae</i> Kuntze	Reta a sinuosa	Hipoestomática	Abaixo	Anomocítico	AB/AD	Tector simples	Dorsiventral	Ampl	Colateral	+	Parenq	+	-

Erva

<i>Pterocaulon purpurascens</i> Malme	Sinuosa	Anfiestomática	Acima crista	Anomocítico	AB/AD	Tector multi	Dorsiventral	Compacto	Colateral Fechado	+	Parenq	+	-
<i>Ruellia erythropus</i> (Nees) Lindau	Reta	Anfiestomática	Nível Ep.	Diacítico	AB/AD	Tector e Glandular	Dorsiventral	Compacto	Colateral	-	Parenq	+	+
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Reich.) Vahl.	Sinuosa	Hipoestomática	Acima	Diacítico	AB/AD	Tector Uni e multi e glandular	Dorsiventral	Amplo	Colateral aberto	-	-	-	-
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> Vahl.	Reta a sinuosa	Anfiestomática	Níve Ep.	Diacítico	AB/AD	Tector uni e multi e glandular	Dorsiventral	Amplo	Colateral aberto	-	-	-	-

Em relação à extensão da bainha de feixe, 44% das espécies não apresentaram esta estrutura claramente distinta (Fig. 3G, H, I, J, L, P, Q). Das espécies que apresentaram esta estrutura distinta, 44% é parenquimática (Fig. 3 E, M, N, O), 23% de esclerênquima (Fig. 3B, D) e 33% contendo células de parênquima e esclerênquima (Fig. 3 A, C, F). Para as árvores e arbustos a bainha variou de esclerênquimática ou mista, contendo parênquima e esclerênquima, enquanto as trepadeiras e ervas apresentaram bainha de feixe variando de não evidente à parenquimática (ver Tabela 2).

A presença de compostos fenólicos foi observada em 69% das espécies, em diferentes tecidos, independente do hábito de crescimento (Fig. 3A, D, M). Cristais ocorreram em apenas 37% das espécies (Fig. 3F, I), também distribuídas em diferentes tecidos e sem relação com os hábitos de crescimento (Tabela 3).

A nervura mediana de 69% das espécies apresenta feixe colateral, sendo 46% fechado, 38% aberto e 16% não apresentam o feixe completamente fechado (Tabela 2).

4. Discussão

A análise foliar quantitativa e qualitativa das 16 espécies, nos permite afirmar que as espécies e hábitos de crescimento não apresentam convergência funcional para todos hábitos, haja vista que algumas das espécies não apresentarem distribuição exclusiva para o Chaco. O único grupo que compartilhou estratégias semelhantes de adaptação ao ambiente foram às espécies de trepadeiras, os demais grupos apresentam amplitude de variações morfoanatômicas maiores, considerando o ambiente com déficit hídrico sazonal.

No entanto, os traços analisados possibilitaram a separação das espécies em dois grupos, um formado por plantas lenhosas (árvores e arbustos) que compartilham características escleromórficas, e outro com as herbáceas (ervas e trepadeiras) que compartilham características mesomórficas, independente do taxa que pertencem e de suas proximidades.

As áreas do Chaco avaliadas estão no domínio do Pantanal no território brasileiro, e a maioria das espécies avaliadas neste trabalho é exclusiva desta fitofisionomia. Assim, espécies que crescem naturalmente em ambiente peculiar compartilham características morfoanatômicas e balanço fisiológicos compatíveis (Larcher, 2003; Fahn, 1986), no entanto o arranjo entre estas características podem variar entre as espécies, diferindo em suas características funcionais. As adaptações descritas para estas espécies, considerando o Chaco como um ambiente particular, refletem as inter-relações daquelas espécies com o ambiente, e é resultado de alterações evolutivas que ocorreram ao longo da história de vida nas diversas classes de organismos (Fahn & Cutler, 1992). Estas alterações podem ter balanço distintos quando se consideram as características morfológicas, anatômicas e ecofisiológicas o que pode explicar a não obtenção dos padrões esperados por agrupamento de hábitos.

Neste aspecto, o fato de as espécies arbóreas apresentarem folhas menores e mais estreitas, um dos indicativos de esclerofilia, pode estar refletindo o déficit hídrico daquele ambiente, haja vista estas espécies terem ocorrência exclusiva do Chaco, com exceção de *P. ruscifolia*, que também ocorre na Caatinga, ambiente sabidamente semi-árido. Para as espécies de trepadeiras, todas apresentaram maior área foliar e AFE, um dos principais componentes indicadores da maior eficiência fotossintética por possuir folhas com maior área para absorção de luz (Souza et al. 2011). Contudo estas espécies, devido a maior área foliar, podem apresentar a maior perda de água por transpiração que, naquele ambiente é compensada pela deciduidade de suas folhas durante o período de déficit hídrico. Além disso, as espécies *Araujia stormiana* e *Araujia odorata* possuem sistema subterrâneo como forma de resistência durante o período de seca, com potencial produção de gemas e restauração das partes aéreas no período chuvoso. A ocorrência de amido nos órgãos subterrâneos indica que os mesmos exercem a função de armazenamento, e pode estar relacionada com a sobrevivência do vegetal em condições adversas (Paviani & Haridasan, 1988; Kolb et al., 1998).

Em relação à AFE, os maiores valores encontrados para as espécies de trepadeiras, pode resultar no crescimento mais rápido da planta e, sua menor esclerofilia (Hartley & Jones, 1997; Eamus, 1999), facilitaria também a ocupação dos espaços durante períodos de disponibilidade hídrica naquele ambiente. São comuns espécies de trepadeiras perderem as folhas durante períodos não favoráveis e se estabelecerem rapidamente, por meio de sementes ou sistemas subterrâneos (Gentry, 1991), em períodos favoráveis. Neste aspecto, maiores valores de AFE é vantagem adaptativa das espécies que compartilham este hábito, por propiciar rapidez no estabelecimento e reprodução das espécies em períodos favoráveis. Um dos parâmetros morfológicos mais correlacionados com a AFE é a espessura da folha (Wilson et al., 1999) e, em uma condição de intensa luminosidade, a folha, comumente, apresenta menor superfície de exposição, porém, maior espessura da lâmina, devido ao incremento dos tecidos fotossintéticos e dos espaços intercelulares (Boeger & Poulson 2006).

Contudo, o fato de *Aristolochia esperanzae* ter apresentado o maior valor de área foliar e a menor espessura pode ser explicado por ter sido coletada em um local sombreado. Além disso, a maior área foliar e AFE encontradas para as trepadeiras, pode ser explicado pelo fato das espécies perderem a parte aérea durante a passagem do fogo e secas severas, e possuírem um sistema subterrâneo que as permite crescer depois destes eventos, conforme já discutido no parágrafo acima.

A presença de arranjo dorsiventral da folha com parênquima paliçádico e esponjoso bem diferenciados e mais amplos, foram obtidos para as espécies trepadeiras e ervas em relação às espécies mais lenhosas, indicando caracteres típicos de plantas xeromórficas (Fahn, 1986). No entanto, as demais características obtidas para as espécies deste grupo de plantas, as coloca entre mesófitas e não xerófitas, sendo necessário então, a análise de várias características incluindo as ecofisiológicas para

que, no conjunto, seja esclarecido seu posicionamento ecológico e as interpretações adaptativas sejam mais conclusivas.

Estas características somadas às epidermes das faces abaxial e adaxial unisseriadas, alto investimento em tecidos fotossintéticos, presença de esclerênquima e compostos fenólicos, feixe colateral, folha anfiestomática, estômatos anomocíticos, tricomas em ambas as faces da folha e paredes das células epidérmicas de contorno reto, foi o padrão geral anatômico compartilhado pela maioria das espécies, independente do hábito de crescimento.

É provável que o alto investimento em tecidos fotossintéticos apresentado por todas as espécies se deve a alta incidência luminosa em que todas estão submetidas, ao longo de todo o período sazonal. Sendo assim, folhas anfiestomática podem otimizar espécies com taxa fotossintética altas, por permitir troca gasosa eficiente se comparada com folhas hipoestomáticas (Mott et al. 1982). Também, em condições de déficit hídrico, o período diário de alta umidade relativa do ar é limitado e deve ser aproveitado para as trocas gasosas das plantas que poderá ser mais rápida e eficiente quando a área estomática útil é maior (Medri & Lleras, 1980). Assim, a maior densidade estomática pode constituir vantagem adaptativa encontrada para a maioria das espécies avaliadas do Chaco no presente trabalho.

A ocorrência de compostos fenólicos é descrita como frequente para espécies xerófitas, com função provável na eficiência em reduzir a passagem de luz através das células epidérmicas, protegendo os tecidos fotossintéticos contra o excesso de radiação solar (Izaguirre et al., 2007), nos períodos de maior incidência solar. Estes compostos podem prevenir os efeitos deletérios do sol sobre as plantas como danos por radiação ultravioleta, estresse induzido por aquecimento das folhas e fotoinibição resultante da exposição a níveis altos de luz que danificam o sistema fotossintético (Jordan et al., 2005).

Já as células epidérmicas com paredes celulares anticliniais retas ou menos sinuosas, que ocorrem em todas as espécies exclusivas do Chaco, inclusive *P. ruscifolia*, que ocorre também na Caatinga, bioma comparado ao Chaco (Prado & Gibbs, 1993), também podem ser interpretadas como adaptativas contra a perda excessiva de água (Cutter, 1978), especialmente para espécies de ambientes mais secos e com alta incidência de luz. A ornamentação das paredes celulares anticliniais – retas para espécies de ambientes secos, e onduladas para ambientes úmidos e/ou aquáticos – é interpretada como características adaptativas (Cutter, 1978; Medri & Lleras, 1980; Scremin-Dias, 1999),

Quanto a anatomia dos espaços intercelulares do parênquima esponjoso, a presença de drusas, de parênquima aquífero, a posição dos estômatos em relação às demais células epidérmicas, a presença de crista estomática e da extensão da bainha do feixe, os tipos e densidade de tricomas, a densidade e comprimento de estômatos, bem como a espessura que os tecidos ocupam no mesofilo, das espécies

avaliadas no presente trabalho, precebe-se maior variação destas características entre as diferentes formas de crescimento.

O valor adaptativo das estruturas morfológicas, anatômicas e ecofisiológicas dos órgãos vegetais em espécies de distintos habitats e hábitos ainda é pouco esclarecido. Neste aspecto, os resultados obtidos neste trabalho sobre a constituição dos órgãos e tecidos das plantas e de sua relação com o ambiente, que caracterizam a adaptação das espécies, se aplicam no entendimento da dinâmica de um ambiente particular (Scremin-Dias, 2007; Scremin-Dias et al., 2011). Contudo, a carência de estudos interdisciplinares com este foco para espécies tropicais em seus ambientes naturais, dificulta interpretações mais conclusivas sobre este caracter adaptativo.

Alguns componentes morfológicos e anatômicos descritos para as espécies xerófitas aqui avaliadas são convergências adaptativas, a exemplo da alta densidade estomática. Contudo alguns caracteres anatômicos descritos não são meramente adaptativos mas podem sim estarem refletindo características filogenéticas consistentes para os grupos avaliados.

Utilizando a anatomia e morfologia para a separação das espécies por hábito de crescimento, apesar de três espécies de trepadeiras apresentarem estômatos abaixo do nível das demais células epidérmicas, a posição dos estômatos não foi característica útil para agrupá-las. Sabe-se que esta é uma adaptação a ambientes secos (Fahn & Cutler, 1992), no entanto, estas espécies perdem as folhas durante os períodos de maior estresse hídrico daquele ambiente.

Apesar de haver grande variação da densidade de estômatos entre as espécies avaliadas, todas apresentaram altos valores de estômatos por milímetro quadrado. Neste aspecto, o sucesso de uma espécie vegetal ocorrente num ambiente sazonal depende, principalmente, da capacidade desta em manter um balanço hídrico adequado durante o período da seca, minimizando assim os efeitos que os déficits hídricos possam causar no balanço de carbono (Franco, 2002). Assim, estômatos têm um papel preponderante neste processo, ao regular simultaneamente o fluxo transpiratório para a atmosfera e o fluxo de CO₂ para o interior da folha. A densidade estomática, o grau de abertura do poro estomático e a sua regulação são de extrema importância para a adaptação de espécies em regiões semi-áridas ou em ambientes sazonais, onde há uma estação seca claramente definida (Pearce et al., 2006). Para a interpretação mais robusta dos resultados obtidos, estudos ecofisiológicos futuros serão importantes para confirmar se estas espécies são somente xeromórficas ou xerófitas de fato, complementando estrutura e densidade do complexo estomático com sua eficiência na restrição da evapotranspiração.

Para todas as espécies exclusivas do Chaco bem como para *P. ruscifolia*, que também se distribuí na Caatinga, os maiores comprimentos de estômatos obtidos, pode estar contribuindo para o aumento da eficiência fotossintética. Já a densidade estomática não foi um traço significativo, para a

separação dos hábitos de crescimento das espécies analisadas, considerando os demais biomas de ocorrência de algumas delas.

Tricomas foliares são comumente observados em plantas de ambientes áridos (Fahn & Cutler, 1992), com evidências de que a alta densidade deste indumento representa adaptação à baixa disponibilidade de água e altas temperaturas (Sandquist & Ehleringer, 1997). Isso se deve ao fato de que estes apêndices epidérmicos diminuem a taxa de transpiração, tanto pelo aumento da reflexão da radiação solar, que reduz a temperatura, quanto pelo espessamento da camada de ar retido acima da folha, que funciona como uma barreira à perda de água (Sandquist & Ehleringer, 1997).

Os tricomas tectores, desempenham importante função na redução da ação evaporativa do vento na superfície das folhas (Cutler et al., 2011), reduzindo a perda de água para o ambiente, além de refletir a radiação advinda da superfície do solo. As espécies exclusivas do Chaco são glabras ou apresentaram pequena quantidade de tricomas quando comparada com as espécies que compartilham outros ambientes. Contudo, outras características como espessura das paredes celulares, cutícula e estratos cuticulares eficientes podem estar contribuindo para restrição de perda d'água dessas espécies e constitui adaptação eficiente àquele ambiente.

A maior frequência de extensão de bainha de feixe apresentada pelas espécies lenhosas, cuja composição variou de parênquima, esclerênquima ou com a ocorrência de ambos, diferiu das herbáceas que, quando presente, a bainha é formada apenas por parênquima. A presença de extensão de bainha de feixe vascular, que liga o feixe vascular central das folhas às camadas de epiderme da superfície da face adaxial, também é relatada como uma característica adaptativa para as plantas de ambientes com alta sazonalidade (Fahn, 1986), por atuar no processo de rápido transporte de água aos feixes vasculares para a epiderme e tecidos fotossintetizantes (Evert, 2006).

Os resultados obtidos permitem concluir que os padrões morfológicos e anatômicos apresentados pelas 16 espécies ocorrentes no Chaco brasileiro separam três espécies de árvores (*Schinopsis balansae*, *Tabebuia nodosa* e *Aspidosperma quebracho-blanco*), três espécies de arbustos (*Capparicordis tweediana*, *Coccoloba paraguariensis* e *Maytenus ilicifolia*) e duas espécies de erva (*Ruellia erythropus* e *Stachytarpheta cayennensis*), como sendo essencialmente xerófitas, apresentando convergência nos padrões anatômicos avaliados. Sobre os hábitos de crescimento, apenas as trepadeiras apresentam estratégias similares de adaptação ao ambiente, os demais grupos apresentam variações morfoanatômicas maiores do que o esperado para um ambiente considerado xeromorfo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor. Ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa Casadinho II, e aos proprietários da Fazenda Anahí, Nelson Cintra e Maria Lucia Cintra, pelo apoio às coletas.

Referências

- Adámoli, J. 1986. Fitogeografia do Pantanal. In: Anuais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS, pp. 90-106.
- Boeger, M.R.T. & Poulson, M. 2006. Efeitos da radiação ultravioleta-B sobre a morfologia foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). *Acta Botanica Brasilica* 20, 329-338.
- Brasil. 1982. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande - Levantamento de Recursos Naturais, 28. Rio de Janeiro: MME, pp. 412.
- Burrows, G.E. 2001. Comparative anatomy of the photosynthetic organs of 39 xeromorphic species from subhumid New South Wales, Australia. *International Journal Plant Science* 162, 411-430.
- Cabrera, A.L. & Willink, A. 1980. Biogeografía de America Latina. 2nd Ed. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, pp. 120.
- Chodat, R. & Vischer, W. 1916. La vegetation du Paraguay. (J. C. Vaduz, Ed). (*Historiae Naturalis Classica*, 51), 1977, pp. 558.
- Cutler, E. G. 1978. *Plant Anatomy: Experiment and interpretation*. Edward Arnold London.
- Cutler, D.F., Botha, T., Stevenson, D. W. 2011. *Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada*. Tradução: Marcelo de Moraes; Revisão Técnica: Rinaldo Pires dos Santos – Porto Alegre: Artmed, pp. 304.
- Eamus, D. 1999. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. *Trends in Ecology & Evolution* 4, 1-16.
- Elias, S.R.M., Assis, R.M., Stacciarini-Seraphin, E., Rezende, M.H. 2003. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 26, 169-174.
- Evert, R.F. 2006. *Esau's Plant Anatomy. Meristem's cells, tissues plants of the plant body – Their structure, function and development*. Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA.
- Fahmy, G.M. 1997. Leaf anatomy and its relation to the ecophysiology of some non-succulent desert plants from Egypt. *Journal of Arid Environments* 36, 499-525.

- Fahn, A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Annals of Botany* 57, 631-637.
- Fahn, A. & Cutler, D. 1992. *Xerophytes*. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Franco, A.C. 2002. Ecophysiology of woody plants. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. (Eds) *The Cerrados of Brazil*. Columbia University Press, New York, pp. 178-197.
- Gentry, A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. Pp. 3-53. In: F.E. Putz & H.A. Mooney. *The Biology of Vines*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hanba, Y.T., Kogami, H. & Terashima, L. 2002. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell and Environment* 25, 1021-1030.
- Hanson, D.A. & Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review Plant Physiology* 33, 163-203.
- Hartley, J.J. & Jones, G.E. 1997. Process Oriented Supplier Development: Building the Capability for Change. *International Journal of Purchasing and Materials, Management* 33:24-29.
- Hueck, K. 1955. Bosques chaquenhos e extração de tanino no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 17, 343-346.
- Izaguirre, M.M., Mazza, C.A., Svatos, A., Baldwin, I.T. & Ballaré, C.L. 2007. Solar ultraviolet-B radiation and insect herbivory trigger partially overlapping phenolic responses in *Nicotiana attenuata* and *Nicotiana longiflora*. *Annals of Botany* 99, 103-109.
- Johansen, D. 1940. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill, Book Company, Inc., pp. 52.
- Jordan, G. J.; Dillon, R. A. & Weston, P. H. 2005. Solar radiation as a factor in the evolution of scleromorphic leaf anatomy in Proteaceae. *American Journal of Botany* 92, 789-796.
- Kolb, R.M.; Medri, M.E.; Bianchini, E.; Pimenta, J.A.; Giloni, P.C. & Correa, G.T. 1998. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. *Revista Brasileira de Botânica* 21, 305-312.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Seropédica, pp. 198.
- Kraus, J.E., de Souza, H.C., Rezende, M.H., Castro, N.M., Vecchi, C. & Luque, R. 1998. Astra blue and basic fuchsin double staining of plants materials. *Biotechnology and Histochemistry* 73, 235-243.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology*. 4ªEd. Springer, New York.
- Medri, M. E.; Lleras, E. 1980. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Müell. Arg. *Acta Amazônica* 10, 463-493.

- Menezes, N.L., Silva, D.C., Pinna, G.F.A.M. 2006. Folha. In: Appezzato-da-Glória, B.; Carmello-Guerreiro, S. M. Anatomia Vegetal. Viçosa: UFV, pp. 303-326.
- Mott, K.A.; Gibson, A.C.; O'Leary, J.W. 1982. The adaptative significance of amphistomatic leaves. *Plant, Cell and Environment*, Oxford 5, 455-460.
- Nicklas, K.J., Cobb, E.D., Niinemets, U., Reich, P.B., Sellin, A., Shipley, B. & Wright, I.J. 2007. "Diminishing returns" in the scalin of functional leaf traits across and within species groups. *PNAS* 104, 8891-8896.
- Nunes, G.P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenhas brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Paviani, T.I. & Haridasan, M. 1988. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). *Ciência e Cultura* 40, 998-1003.
- Pearce, D.W., Millard, S., Bray, D.F. & Rood, S.B. 2006. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology* 26, 211-218.
- Pennington, R.T, Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27, 261-273.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. *Candollea* 48, 145-172.
- Prado, D.E. & Gibbs, B.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forest in the South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80, 902-917.
- Ramella, L. & Spichiger, L. 1989. Interpretación preliminar del médio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. I. *Candollea* 44, 639-680.
- Rizzini, C.T. 1976. Tratado de Fitogeografia do Brasil. v.1. Edusp/Hucitec, São Paulo.
- Rotondi, A., Rossi, F., Asunis, C. & Cesaraccio, C. 2003. Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem. *Journal Mediterranean Ecology* 4, 25-35.
- Sandquist, D. R. & Ehleringer, J. R. 1997. Intraspecific variation of leaf pubescence and drought response in *Encelia farinosa* associated with contrasting desert environments. *New Phytologist* 135, 635-644.
- Schluter, U., Muschak, M., Berger, D. & Altimann, N. 2003. Photosyntetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. *Journal of Experimental Botany* 54, 867-874.

- Scremin-Dias E. 1999. O retorno à origem aquática. In: Scremin-Dias E., Pott Vj., Souza, PR., Hora, RC. Da. Nos Jardins Submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito. 25-41p.
- Scremin-Dias, E. 2007. Anatomia Ecológica de Espécies Nativas: Relação entre o ambiente e a Estrutura é Casual ou Adaptativa? In BARBOSA, LM. and SANTOS-JUNIOR, NA. dos, (orgs). A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas. São Paulo, 58°. Congresso Nacional de Botânica, Sociedade Botânica do Brasil. p.384-388.
- Scremin-Dias, E.; Lorenz-Lemke, A.P. & Oliveira, A.K.M. 2011. The floristic heterogeneity of Pantanal and the occurrence of species with different adaptive strategies to water stress. *Braz. Journal Biology*, 71, 275-282.
- Souza, A.P., Pereira, J.B.A., Silva, L.D.B., Guerra, J.G.M. & Carvalho, D.F. 2011. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. *Acta Scientiarum Agronomy* 33, 15-22.
- Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Australian Journal Plant Physiology*, 13, 175-190.
- Veloso, H.P. 1972. Aspectos fitoecológicos da Bacia do Alto Rio Paraguai. São Paulo, USP, Instituto de Geografia, pp. 31.
- Wilson, P.J., Thompson, K. & Hodgson, J.G. 1999. Specific leaf area and dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist* 143:155-162.
- Witkowski, E.T.F. & Lamont, B.B. 1991. Leaf Specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88, 486-493.

CAPÍTULO II – A ser submetido ao periódico – Journal of Vegetation Science

VARIAÇÃO EM TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES ENTRE ESPÉCIES DE DIFERENTES HÁBITOS DO CHACO

Angélica Guerra & Edna Scremin-Dias

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Campo Grande, Campo Grande, Brasil.

Questão: A análise de traços funcionais das espécies que compõe comunidades vegetais tem despertado grande interesse, especialmente quanto às variações dos atributos foliares, sejam estruturais ou funcionais. A compreensão de como são os padrões de variações nos traços funcionais e de como esses estão correlacionados e integrados com os demais traços, pode ser essencial para a compreensão da estrutura, diversidade e riqueza de valores funcionais em comunidades vegetais e de seu possível potencial de evolução e diversificação frente às mudanças ambientais. Estas análises são de extrema importância para determinar a co-existência de grande número de espécies, dado processos de variabilidade e filtragem ambiental. Atributos anatômicos ainda não são utilizados como traços funcionais, mas consistem em importantes características adaptativas para as espécies de distintos biomas, considerando a diversidade funcional de sua flora.

Localização: Formações do Chaco da América do Sul – localizadas entre as coordenadas 21°41'12"S e 57°44'05"W, na Fazenda Anahí e 21°42'37,51"S e 57°53'55,83"W, no Dique Beira Rio, ambas no Município de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul.

Métodos: Foram analisados traços morfológicos e anatômicos foliares para as dezesseis espécies, distribuídas em quatro hábitos de crescimento. Através de traços quantitativos e qualitativos foi realizada uma análise de ordenação (PCA), além de um dendrograma funcional e uma árvore de decisão recursiva, e foi calculado a contribuição de cada um dos traços para a classificação dos hábitos, todos pelo software R.

Resultados: Houve variação nos traços morfológicos e anatômicos para os grupos estudados, e grande diversidade de estruturas entre as distintas formas de vida considerando as espécies avaliadas. Os traços não se mostraram eficientes para separar as espécies em seus hábitos de crescimento, mas há uma tendência no agrupamento de espécies de caule lenhoso (árvores e arbustos) e de caule herbáceo (ervas e trepadeiras). Apesar das espécies estarem em um local de déficit hídrico, elas apresentam

traços funcionais de adaptação distintos, ocupando assim, diferentes nichos e possibilitando a co-existência delas no Chaco.

Conclusão: As espécies avaliadas apresentaram traços funcionais de adaptação distintos, apesar das espécies estarem em um local de déficit hídrico, permitindo ocupar nichos distintos do Chaco. Os traços morfológicos e anatômicos analisados podem ser bons preditores da diversidade funcional.

Palavras-chave: Adaptação; Atributos funcionais; Esclerofilia; Folha; Hábitos de crescimento; Plasticidade fenotípica; Semi-árido; Xerofilia.

Introdução

Entre os biomas da América do Sul, o Chaco é caracterizado pela grande diversidade ambiental, adaptado ao déficit hídrico sazonal (Hueck 1955; Veloso 1972; Chodat & Vischer 1916; Adámoli 1986; Allem & Valls 1987). Plantas com diferentes hábitos co-ocorrem neste bioma, o que pode representar grandes diferenças funcionais entre elas. A diversidade de espécies distribuídas em distintos hábitos no Chaco pode expressar grupos funcionais distintos, sendo provável haver grande variação nos traços funcionais e estruturais em espécies de diversas famílias botânicas, permitindo que estas ocupem nichos distintos ou ainda que apresentem estratégias funcionais distintas – especialmente relativos à anatomia foliar.

A análise de traços funcionais das espécies em comunidades vegetais tem despertado grande interesse, especialmente aquelas que envolvem variações foliares, estruturais ou funcionais (McGill et al. 2006). Permanece ainda uma incógnita o modo que as comunidades vegetais são estruturadas, contudo, especialmente no que se refere aos traços funcionais que distintas espécies de uma comunidade de plantas compartilham (McGill et al. 2006).

Trabalhos usando traços funcionais foliares tem mostrado que os fenótipos que compõem uma comunidade vegetal podem apresentar grande variação (de Bello et al. 2009; Hushof & Swenson 2010), e esses traços podem compor fenótipos de espécies, populações ou até comunidades de plantas (Messier et al. 2010). Entender como os traços funcionais variam e como eles se integram com demais traços é de extrema importância para o entendimento da estrutura, diversidade e riqueza funcional nas comunidades vegetais, e qual seu potencial de evolução e diversificação frente às mudanças ambientais (Scheiner 1993; Gianoli & López-Palacio 2009; Messier et al. 2010). Considerando que a variação desses traços é importante para a co-existência de grande número de espécies (Ghalambor et al. 2009), é essencial reunir o maior número de traços funcionais de uma comunidade vegetal.

Espécies vegetais co-ocorrentes devem ter características eficientes e sucesso no processo de competição por recursos (McGill et al. 2010), resultado das pressões seletivas impostas pelo ambiente (Franco 2002). Essa competição é minimizada pelas exigências nutricionais diferenciadas, refletidas

em traços funcionais distintos (Santiago & Wright 2007) como, por exemplo, diferentes formas de vida que utilizam água de fontes distintas (Rossato et al. 2012; 2014; Granda et al. 2014; Scalón et al. 2014). Variações nos traços foliares de culturas perenes lenhosas mantem o funcionamento do ecossistema por meio do uso diferencial dos recursos disponíveis (Okubo et al. 2012). Estes estudos relacionados ao tema são recentes e vários outros autores tem se dedicado desde o final do século passado e início deste, em estabelecer diversos traços funcionais para o melhor entendimento da diversidade funcional em distintos ecossistemas (Petchey & Gaston 2002; Rascher et al. 2004; Sandquist & Cordell 2007).

Neste trabalho foi testado se os traços morfoanatômicos selecionados são consistentes para separar as formas de crescimento, e se esses traços são úteis para classificar distintos hábitos de crescimento que co-ocorrem no Chaco brasileiro.

Métodos

Área de estudo e Grupo de Espécies Analisadas

O termo Chaco é empregado para caracterizar um domínio vegetacional constituído de florestas úmidas, xeromórficas e de formações de aspecto savânico, compostos por um estrato arbustivo descontínuo, com predominância de espécies de mimosoides espinescentes, e camadas esparsas de herbáceas intercaladas por bromeliáceas e cactáceas (Cabrera & Willink 1980; Pennington et al. 2000). Este domínio estende-se por 800.000 km² na América do Sul, ocorrendo nas planícies do norte da Argentina, oeste do Paraguai, sudeste da Bolívia e no oeste do Brasil (Hueck 1972; Prado 1993).

No Brasil, o Chaco está restrito à borda do extremo sudoeste de Mato Grosso do Sul, no município de Porto Murtinho, sendo as únicas formações classificadas como verdadeiramente chaquenhas, com cerca de 70% de elementos do Chaco *sensu stricto* (Prado 1993). A área é caracterizada por apresentar clima quente e seco, com predomínio de chuvas sazonais, às vezes concentradas em curto período de três a quatro meses, tendo secas prolongadas, e é considerada a porção mais úmida do Chaco com precipitação média de 1.200 mm ano (Brasil 1982; Ramella & Spichiger 1989; Pennington et al. 2000). As temperaturas médias variam de 18° C ao sul a 26° C ao norte, com máxima de 48° C (Nunes 2006; Prado 1993), e o solo é classificado como solonetz solodizado e planossolo (Brasil 1982; Ramella & Spichiger 1989; Pennington et al. 2000) extremamente compactado e impermeável.

O estudo foi realizado com 16 espécies (Tabela 1), de quatro diferentes hábitos de crescimento, coletadas em remanescentes de Savana Estépica Arborizada (Chaco Arborizado), na Fazenda Anahí, localizada a 15 km de Porto Murtinho entre as coordenadas 21°41'12"S e 57°44'05"W; corresponde a um remanescente de formação chaquenha com cerca 40 ha., e na Estrada do Dique Beira Rio, que

contorna a cidade de Porto Murtinho, entre as coordenadas 21°42'37,51"S e 57°53'55,83"W, ambas no sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram analisados quatro indivíduos por espécie estudada, com o material testemunho incorporado ao Herbário CGMS, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Essas espécies foram escolhidas pois algumas ocorrem exclusivamente no Chaco e outras ocorrem em grande abundância nos locais de coleta.

Tabela 1. Relação das espécies do Chaco selecionadas para o estudo de variação em traços funcionais e interpretações ecológicas em folhas de diferentes hábitos, seguidas de suas áreas de ocorrência e número do coletor.

Hábito	Família	Distribuição	Número do Coletor
Árvore			
<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	Anacardiaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 67
<i>Prosopis ruscifolia</i> Griseb.	Fabaceae – Mimosoideae	Chaco e Caatinga	A.Guerra, 68
<i>Tabebuia nodosa</i> (Mart.) Standl	Bignoniaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 69
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schtdl.	Apocynaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 84
Arbusto			
<i>Cappari cordis tweediana</i> (Eichler) Iltis & Carnejo	Caparaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 70
<i>Coccoloba paraguariensis</i> Lindau	Polygonaceae	Exclusiva do Chaco	A.Guerra, 71
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch	Celastraceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 72
<i>Jatropha ribifolia</i> Pohl (Baill)	Euphorbiaceae	Chaco, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal.	A.Guerra, 73
Trepadeira			
<i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir) Choisy	Convolvulaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 76
<i>Araujia stormiana</i> Morong	Apocynaceae	Chaco e Cerrado	A.Guerra, 81
<i>Araujia odorata</i> (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder	Apocynaceae	Chaco, Cerrado e Pampa	A.Guerra, 83
<i>Aristolochia esperanzae</i> Kuntze	Aristolochiaceae	Chaco e Cerrado	A.Guerra, 75
Erva			
<i>Ruellia erythropus</i> (Nees) Lindau	Acanthaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 79
<i>Pterocaulon purpurascens</i> Malme	Asteraceae	Chaco, Cerrado e Pampa	A.Guerra, 78
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Reich.) Vahl.	Verbenaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 77
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> Vahl.	Verbenaceae	Ampla Distribuição	A.Guerra, 74

Análise Morfológica

Foram analisadas trinta folhas frescas de cada um dos quatro indivíduos de cada espécie analisada. No caso de folhas compostas, foi avaliado o folíolo mediano. A massa seca foi analisada com as folhas sendo deixadas em estufa de secagem à 70°C por 3 dias e pesadas em balança de precisão digital; para o cálculo da área foliar, as folhas foram digitalizadas com auxílio do Software livre ImageJ versão 1.43. As medidas de massa seca e da área foliar foram feitas eliminando-se o pecíolo. A área foliar específica (AFE), ou Índice de esclerofilia (Witkowski & Lamont 1991), foi calculado por meio da fórmula: $AFE (cm^2 g^{-1}) = \text{Área foliar} (cm^2) / \text{Massa de matéria seca} (g)$.

Análise Anatômica

As análises foram conduzidas com segmentos de limbo sadios, fixados em FAA₇₀ (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70%) (Johansen 1940), por 24 horas, e, posteriormente, estocados em etanol 70%. As secções transversais de limbo foram obtidas a partir de material emblocado em historesina, seccionados em micrótomo rotatório, coradas com azul de toluidina, e montadas em Entellan®. Também foram elaboradas lâminas semipermanentes das secções transversais do limbo coradas com azul de astra e fucsina básica (Kraus et al. 1998), com as lâminas montadas com glicerina 50% e lutadas com esmalte incolor. Para análise da epiderme, foi feita a dissociação, cortando segmentos de 0,5 mm² e deixando em solução de peróxido de hidrogênio (30%) e ácido acético glacial (1:1) e deixado em estufa a 60°C por 24h (Franklin 1945 *apud* Kraus & Arduin 1997).

Para análise qualitativa, foram consideradas as seguintes características: folha (dorsiventral ou isolateral), distribuição dos estômatos (hipoestomática ou anfiestomática, parede anticlinal das células epidérmicas (reta ou sinuosa), esclerênquima (presença ou ausência) espaços intercelulares do parênquima esponjoso (amplo ou compacto) e extensão da bainha do feixe vascular (ausente ou presente).

Para análise quantitativa foi calculado o investimento em tecidos fotossintéticos na folha, dividindo-se a espessura do mesofilo pela espessura total da folha. Para a epiderme, calculou-se a densidade estomática e o comprimento dos estômatos. As análises foram conduzidas em cinco secções de cada um dos quatro indivíduos estudados. Para a medida de comprimento dos estômatos, foram selecionados trinta estômatos, aleatoriamente, de cada uma das cinco folhas de cada indivíduo.

Os cortes foram analisados em microscópio fotônico e as fotomicrografias obtidas em microscópio fotônico acoplada a câmara de captura de imagem. A formatação das imagens, escalas e análise quantitativa foram realizadas com o software ImageJ versão 1.43.

Análise Estatística

Para visualizar se as espécies diferiam entre os hábitos de crescimento, foi realizada uma ordenação: PCA (Análise de Componentes Principais). Para a ordenação foram considerados os traços numéricos e os categóricos (Tabela 2), sendo esses transformados em variáveis binárias quando tinham exatamente dois níveis e em variáveis dublês quando tinham mais de dois níveis. Como cada traço estava em uma unidade diferente, foi realizada uma padronização para média zero e desvio padrão unitário.

Foi construída uma matriz de distâncias entre as espécies baseada nos traços (Tabela 2), utilizando a distância de Gower que lida tanto com variáveis numéricas quanto categóricas. A partir

dessa matriz foi construído um dendrograma funcional pelo método das médias agrupando as espécies segundo suas semelhanças funcionais.

Para testar se os traços funcionais selecionados confirmam a classificação das espécies estudadas em seus hábitos de crescimento, foi construída uma árvore de decisão recursiva como proposto por Breiman et al. (1984). E foi calculado o valor da contribuição de cada um dos traços para a classificação dos hábitos.

Todas as análises foram realizadas no ambiente computacional R (R development team 2014), usando o pacote rpart para a construção da árvore de decisão e a função varImp do pacote caret para o cálculo da contribuição dos traços.

Tendo em vista que a densidade estomática, comprimento dos estômatos e densidade de tricomas não puderam ser mensuradas para a espécie *Capparicordis tweediana*, nas análises que usaram esses traços, a espécie foi excluída para não haver alteração dos resultados.

Tabela 2. Relação dos traços funcionais seguidos dos seus significados ecológicos em folhas de espécies arbóreas, arbustivas, trepadeiras e ervas do Chaco, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Traço	Maneira de Medir	Significado Ecológico
Área Foliar Específica	Área foliar/massa seca (cm ² g ⁻¹)	Eficiência na assimilação (Franco et al. 2005)
Densidade estomática*	Quantidade por área (mm ²)	Fluxo de CO ₂ e fluxo hídrico (Pearce et al. 2006)
Comprimento dos estômatos*	(µm)	Fluxo de CO ₂ e fluxo hídrico (Pearce et al. 2006)
Investimento em tecidos fotossintéticos*	Espessura do mesofilo/Espessura total da folha (%)	Eficiência fotossintética (Bjorkman 1981; Paiva et al. 2003)
Densidade de tricomas*	Quantidade por área (mm ²)	Reflexão da radiação solar (Sandquist & Ehleringer 1997; Cutler 2011)
Tipo de folha*	1. Isolateral (Fig. 1A,B) 2.Dorsiventral (Fig. 1C,D,E,F)	Influencia na área fotossintética, através da distribuição dos tecidos (Menezes et al. 2006)
Tipo de espaços do parênquima esponjoso*	1.Amplo (Fig. 1C) 2.Compacto (Fig. 1D,E,F,)	Eficiência fotossintética (devido ao arranjo das células do mesofilo, grandes superfícies das células ficam expostas e entram em contato com o ar, presentes nos espaços intercelulares, facilitando as trocas gasosas) (Menezes et al. 2006)
Distribuição dos estômatos*	1.Hipoestomática (Fig. 2C,D) 2.Anfiestomática (Fig. 2A,B)	Captação de CO ₂ e Proteção contra perda d'água (Parkhurst 1978; Mott et al. 1982)
Esclerênquima*	1.Presença (Fig. 1A,B) 2.Ausência (Fig. 1C,D,E,F)	Proteção e sustentação (Menezes et al. 2006)
Extensão da bainha de feixe vascular*	1.Ausente (Fig. 1D) 2.Parênquima (Fig. 1C) 3.Esclerênquima (Fig. 1B) 4.Parênquima e esclerênquima (Fig. 1A,E,F)	Atua no transporte de água aos feixes vasculares para a epiderme e para os tecidos fotossintetizantes (Fahn 1986; Evert 2006)
Parede celular da epiderme*	1.Reta (Fig. 2A,B,C,D) 2.Sinuosa (Fig. 2E) 3.Reta a Sinuosa (Fig. 2F)	Proteção contra perda d'água (Medri & Lleras 1980)

*Traços funcionais foliares propostos no presente estudo.

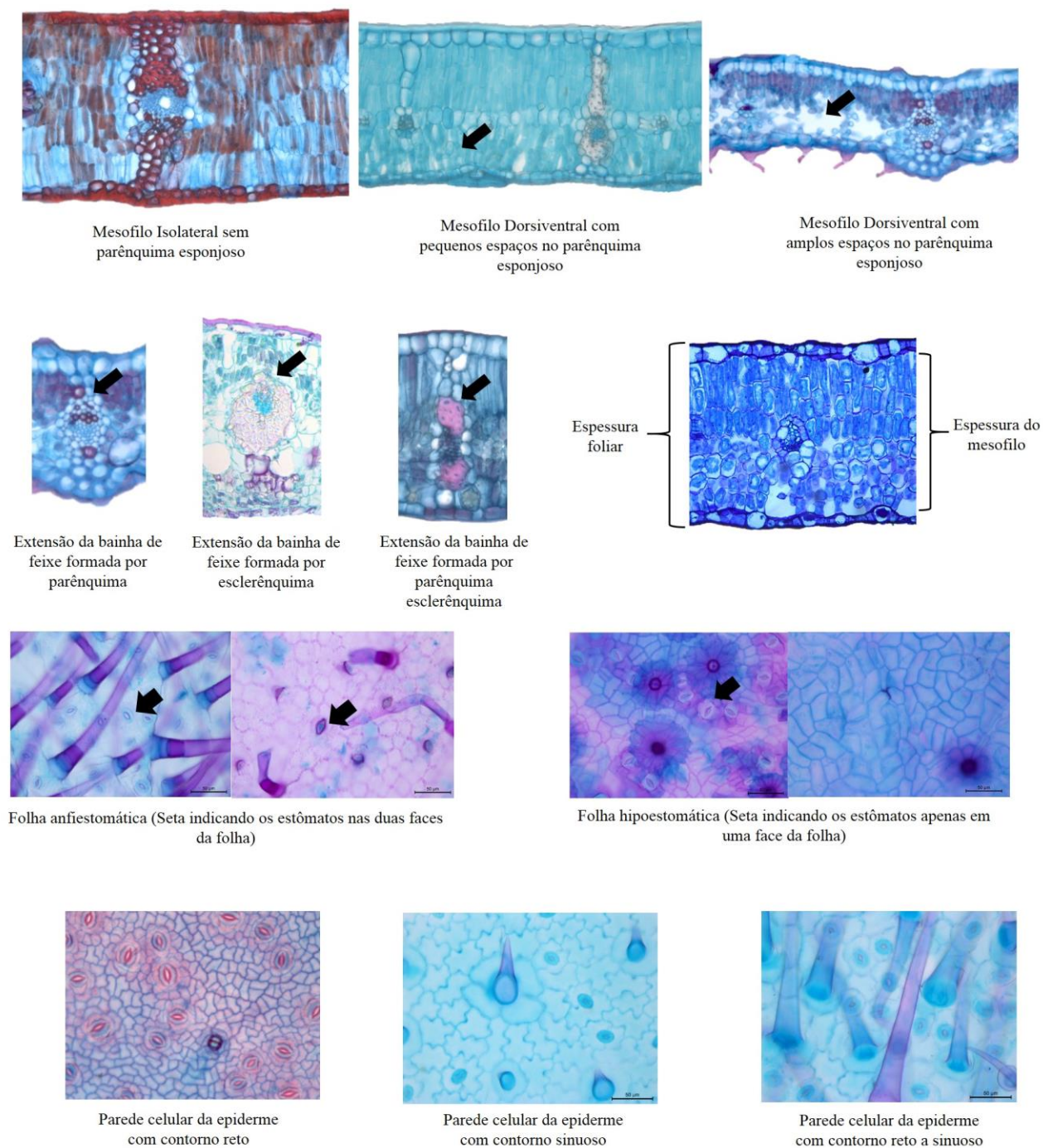


Fig. 1. Ilustração dos traços funcionais foliares de espécies arbóreas, arbustivas, trepadeiras e ervas do Chaco, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Resultados

A análise de ordenação, indicou que as espécies que ocorrem exclusivamente no Chaco - *S. balansae*, *A. quebracho-blanco*, *P. ruscifolia*, *T. nodosa* e *C. paraguariensis* - ficaram muito próximas, mostrando que há uma clara separação das espécies arbóreas e espécies exclusivas do Chaco, das demais espécies avaliadas (Fig. 2). O principal traço foliar que separa as espécies exclusivas do Chaco

das demais é a presença de bainha do feixe vascular formada de esclerênquima, ou mista (formada por parênquima e esclerênquima), comprimento dos estômatos e mesofilo isolateral, além de baixa densidade de tricomas ou tricomas ausentes.

A análise mostra que também houve a separação de algumas espécies em outro grupo, formado por *M. ilicifolia*, *P. purpurascens*, *S. cayennensis*, *S. jamaicensis*, *Ipomoea ramosissima* e *A. odorata*, todas espécies de ervas e trepadeiras, com exceção de *M. ilicifolia*, um arbusto. Os traços que separaram estas espécies foram a alta densidade de tricomas e de estômatos, parede da epiderme sinuosa e bainha do feixe vascular ausente.

O primeiro eixo da PCA explica 27,41% da variação e é formado pelas variáveis: densidade e comprimento dos estômatos, densidade de tricomas, presença de esclerênquima, tipo de mesofilo, extensão da bainha do feixe vascular formada de esclerenquimática e espaços ausentes no parênquima esponjoso.

Já o segundo eixo explica 18,18% da variação, e as variáveis que o representam são: investimento em tecidos fotossintéticos, distribuição dos estômatos, extensão da bainha do feixe vascular ausente, formada por parênquima ou mista (formada tanto de parênquima quanto esclerênquima), parede celular da epiderme com contorno sinuoso, ou variando de sinuoso a reto e espaços compactos no parênquima esponjoso.

As espécies que compõem o eixo 1 são: *A. quebracho-blanco*, *P. ruscifolia*, *S. cayennensis* e *T. nodosa*. Já o eixo 2 é formado por: *A. odorata*, *A. stormiana*, *A. esperanzae*, *C. paraguariensis*, *I. ramosíssima*, *J. ribifolia*, *M. ilicifolia*, *P. purpurascens*, *R. erytrophus*, *S. balansae* e *S. jamaicensis*.

É possível observar que de um lado da figura estão distribuídas as espécies de árvores e arbustos, sendo estas espécies que ocorrem exclusivamente no Chaco. Do outro lado da figura estão as espécies de ervas e trepadeiras juntamente com *J. ribifolia*, um arbusto. *T. nodosa* e *M. ilicifolia* ficam entre esses dois grupos.

São necessários 14 eixos para explicar a variação total dos traços. Os dois primeiros eixos explicam pouco da variação dos traços (45,49%), mas os resultados apresentados se mostram consistentes por corroborarem com resultados de outras análises (Dendrograma e Árvore de Decisão).

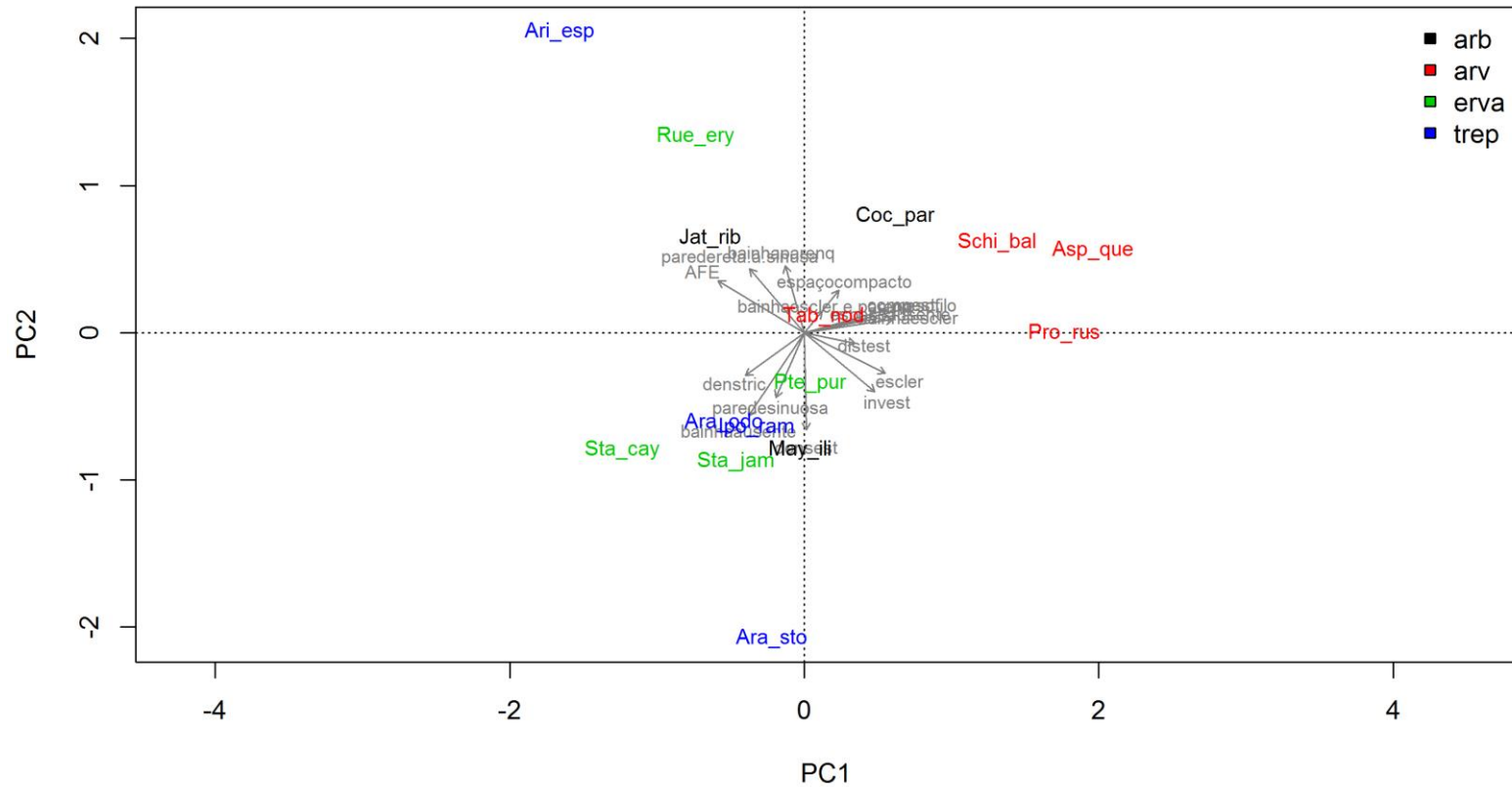


Fig. 2. Ordenação (PCA) construída a partir dos traços funcionais – morfológicos e anatômicos - analisados para as espécies do Chaco. **Abreviações:** Ara_odo - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, Ara_sto - *Araujia stormiana* Morong, Ari_esp - *Aristolochia esperanzae* Kuntze, Asp_que - *Aspidosperma quebracho-blanco* Schtdl., Coc_par - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, Ipo_sp - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, Jat_rib - *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill, May_ili - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, Pte_pur - *Pterocaulon purpurascens* Malme, Pro_rus - *Prosopis ruscifolia* Griseb., Rue_ery - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, Sch_bal - *Schinopsis balansae* Engl., Sta_cay - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Sta_jam - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl., Tab_nod - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl. **Traços:** AFE - Área Foliar Específica, compest – comprimento dos estômatos, densit – densidade estomática, densitric – densidade de tricomas, escler – presença de esclerênquima, espaçoamplo – parênquima esponjoso com espaços amplos, espaçocompacto – parênquima esponjoso com espaços compactos, invest – investimento em tecidos fotossintéticos, mesofilo – classificação quanto ao tipo de mesofilo.

No dendrograma funcional, construído a partir do conjunto dos traços funcionais analisados, podemos observar que há separação das espécies em dois grandes grupos (Fig. 3): o primeiro formado pelas espécies de ervas e trepadeiras, agrupando também *J. ribifolia* (arbusto), o que também foi observado na PCA. E o segundo, com todas as espécies exclusivas do Chaco, juntamente com *T. nodosa*, que ocorre também na Caatinga, *M. ilicifolia* (arbusto), *P. purpurascens* (erva) e *Araujia odorata* e *Araujia stormiana* (trepadeiras). Este segundo grupo é separado em dois clados, o primeiro sendo formado exclusivamente por árvores e arbustos, onde encontra-se todas as espécies exclusivas do Chaco, e o segundo que agrupa além de árvores e arbustos, as espécies de ervas e trepadeiras. O principal traço que separa este grupo é a densidade de tricomas, pois, enquanto as espécies de árvores e arbustos e exclusivas do Chaco são glabras ou apresentam baixa densidade de tricomas, *P. purpurascens*, *A. odorata* e *A. stormiana* são as espécies que apresentam maior densidade de tricomas. O fato das espécies *M. ilicifolia* (arbusto) e *T. nodosa* (árvore) estarem separadas das demais espécies lenhosas se deve a presença de estômatos menores.

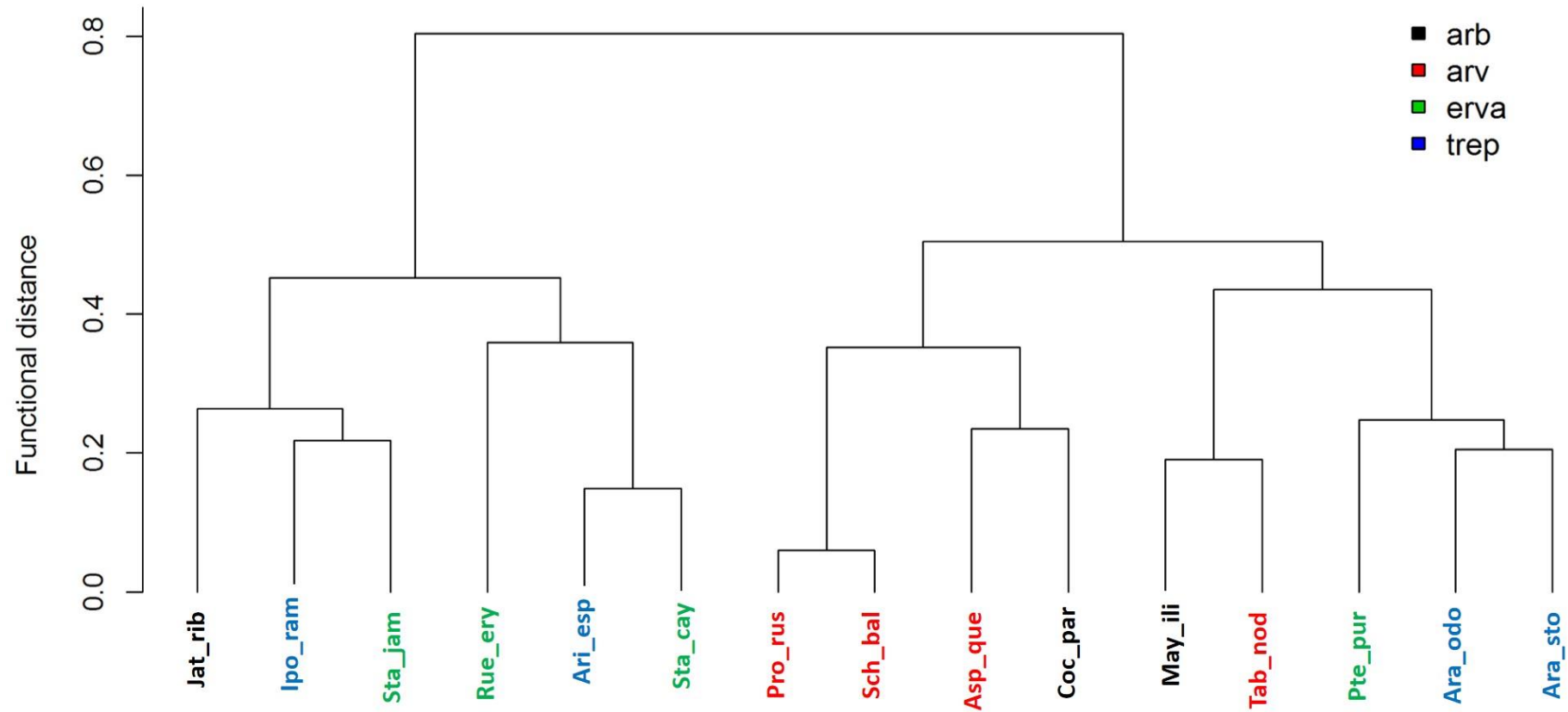


Fig. 3. Dendrograma funcional de análise de agrupamento obtido pelo método das médias agrupando as espécies segundo suas semelhanças funcionais **Abreviações:** Ara_odo - *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder, Ara_sto - *Araujia stormiana* Morong, Ari_esp - *Aristolochia esperanzae* Kuntze, Asp_que - *Aspidosperma quebrachoblanco* Schlttdl., Coc_par - *Coccoloba paraguariensis* Lindau, Ipo_ram - *Ipomoea ramosissima* (Poir) Choisy, Jat_rib - *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill, May_ili - *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch, Pte_pur - *Pterocaulon purpurascens* Malme, Pro_rus - *Prosopis ruscifolia* Griseb., Rue_ery - *Ruellia erythropus* (Nees) Lindau, Sch_bal - *Schinopsis balansae* Engl., Sta_cay - *Stachytarpheta cayennensis* (Reich.) Vahl., Sta_jam - *Stachytarpheta jamaicensis* Vahl., Tab_nod - *Tabebuia nodosa* (Mart.) Standl.

A árvore de decisão, que apresentou acuraria de 78% (Figura 4), mostrou como alguns dos atributos analisados foram importantes para a separação dos hábitos de crescimento e, na tabela 3, fica evidenciado o quanto cada atributo analisado contribuiu para a construção da árvore e o quanto foram importantes para a separação dos hábitos estudados.

Espécies que apresentam extensão da bainha formada por esclerênquima ou mista com parênquima e esclerênquima, e possuem AFE $\geq 69,90$ são árvores, não podendo pertencer a nenhum outro hábito. Contudo, quando a AFE $< 69,90$ ela pode ser um arbusto (57%) ou uma árvore (43%).

Quando a bainha de esclerênquima foi ausente ou formada apenas por parênquima, e o estômato diacítico, a espécie é uma erva (*S. cayennensis*, *S. jamaicensis*, *R. erythropus*). Das espécies de ervas, *P. purpurascens* se difere por apresentar estômato anomocítico, característica que pode não representar comprometimento funcional por ter mais relação com a filogenia do que com a funcionalidade.

As espécies que além de não apresentarem bainha distinta ou de parênquima, estômato anomocítico ou paracítico e AFE $\geq 144,10$ são arbustos, já as que apresentam AFE $< 144,10$ podem ser ervas ou trepadeiras. A diferenciação destas se dá pelo comprimento dos estômatos, onde as que apresentam comprimento $< 12,13$ micrômetros são trepadeiras, e as que apresentam estômatos maiores que 12.13 micrômetros são ervas (57%) ou trepadeiras (43%) (Fig. 4)

Tabela 3. Contribuição de cada traço para separação de hábitos de crescimento na construção de árvore de decisão pra espécies do Chaco.

Traço	Contribuição (%)
Área foliar	15,51
Espessura da Folha	13,87
Tipo de Estômato	13,10
Área Foliar Específica	12,87
Espaço do parênquima Esponjoso	12,08
Tipo de Extensão da Bainha	9,76
Tipo de Mesofilo	8,48
Comprimento do Estômato	4,84
Massa Seca	3,33
Tipo de feixe vascular, Contorno da parede celular, presença de cristais e esclerênquima	1,54 cada

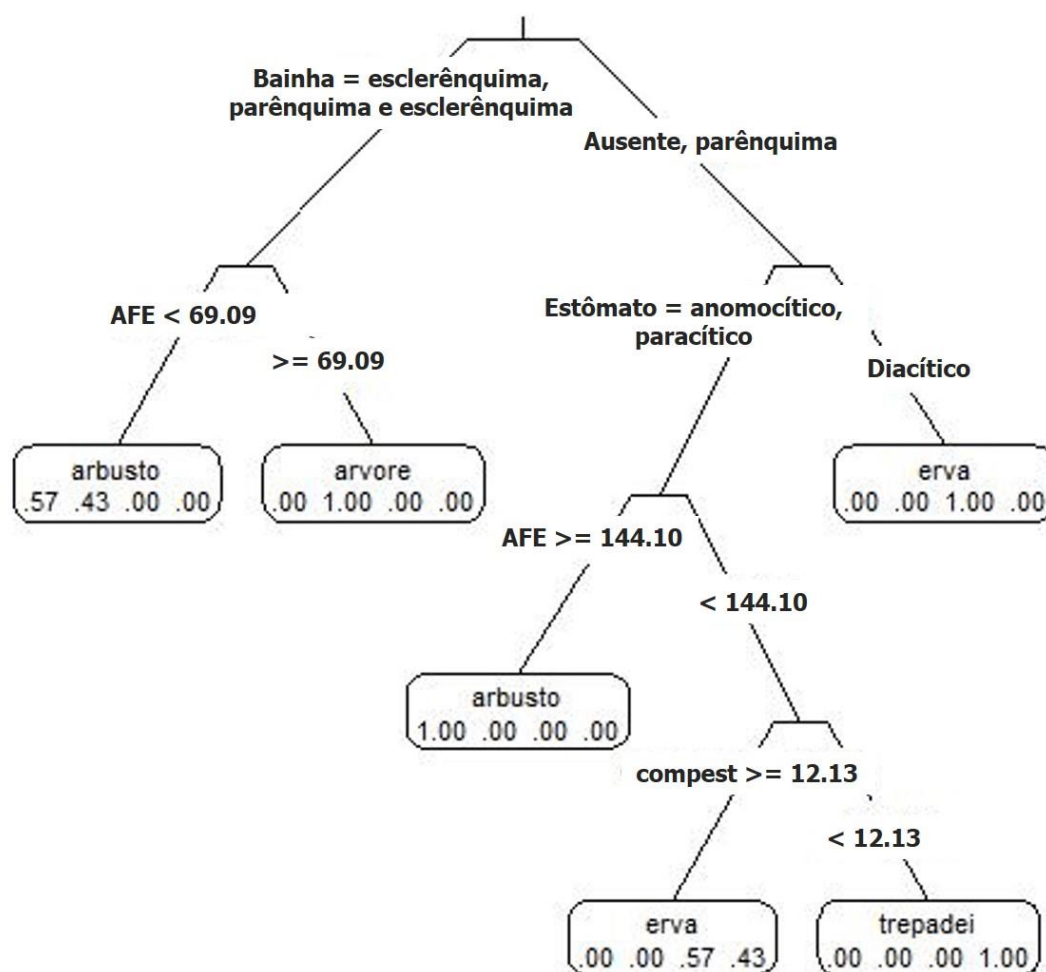


Fig. 4. Árvore de decisão utilizada para análise de traços funcionais em hábitos de crescimento de espécies do Chaco Brasileiro. Os valores apresentados nos quadros são, na sequência, de arbustos, árvores, ervas e trapadeiras.

Discussão

Houve variação nos traços morfológicos e anatômicos para os grupos estudados, e grande diversidade de estruturas entre as distintas formas de vida considerando as espécies avaliadas no presente estudo. Considerando que os atributos morfo-anatômicos corroboram a separação de grupos funcionais a priori, baseando-se nas formas de crescimento (Rossatto 2011), os traços anatômicos inseridos na matriz de atributos funcionais, poderiam ser interpretados como frágeis para agrupar em hábitos, algumas das espécies avaliadas. Contudo, podemos então considerar que os traços anatômicos e morfológicos analisados consistem numa das possibilidades para melhor compreensão da estruturação das comunidades e das estratégias individuais das plantas, bem como para entender o

funcionamento destas comunidades por meio de estratégias ecológicas similares (Harrison et al. 2010; Albert et al. 2010 e Hushof & Swenson 2010). Isto se deve também ao compartilhamento de atributos ecofisiológicos igualmente importantes a serem considerados, que permitiria complementar os dados aqui apresentados.

Todas as análises realizadas mostram que há uma separação das espécies que ocorrem exclusivamente no Chaco das demais espécies analisadas e que há uma tendência de separação em dois grupos: as espécies com caule lenhoso (árvores e arbustos) onde há estômatos maiores e menor densidade de tricomas, e do grupo formado por espécies de porte herbáceo (erva e trepadeiras), devido os estômatos menores e maior densidade de tricomas, que refletem a importância deste indumento em espécies expostas ao déficit hídrico sazonal. A presença de grande quantidade de tricomas pode estar relacionada à maior deficiência em refletir a luz solar (Cutler 2011), contudo as espécies arbóreas apresentaram a menor densidade de tricomas e as herbáceas as maiores densidades. Contudo, ao se fazer avaliação das características adaptativas e funcionais das espécies o ideal é conduzir análises interdisciplinares, envolvendo também parâmetros ecofisiológicos para análises conclusivas.

As espécies exclusivas do Chaco analisadas são esclerófilas, apresentando extensão da bainha do feixe vascular de esclerênquima ou mista, espaços do parênquima esponjoso compactos e maior comprimento dos estômatos. A presença de extensão de bainha de feixe vascular, que liga o feixe vascular central das folhas às camadas de epiderme da superfície da face adaxial, é relatada como uma característica de plantas de ambientes com alta sazonalidade. Por atuar no processo de rápido transporte de água aos feixes vasculares para a epiderme e tecidos fotossintetizantes (Fahn, 1986; Evert, 2006). Além disso, a presença de estômatos maiores é importante em ambientes com déficit hídrico, onde o tempo de alta umidade relativa do ar é limitado e deve ser aproveitado para as trocas gasosas das plantas que poderá ser mais rápida e eficiente (Leite & Lleras, 1978; Medri & Lleras, 1980).

Os traços que separam *J. ribifolia* (arbusto) das demais espécies lenhosas no dendrograma funcional, se deve a ausência de bainha de esclerênquima nas unidades vasculares, e pelo contorno da parede celular variar de reto a sinuoso, além da alta AFE. Para as espécies *A. odorata*, *A. stormiana* e *P. purpurascens*, o traço responsável pela separação das mesmas do grupo das espécies herbáceas foi a maior densidade de tricomas, responsável pela reflexão da radiação solar (Sandquist & Ehleringer 1997; Cutler 2011). Ainda no dendrograma, *Araujia odorata* e *Araujia stormina* aparecem agrupadas, pelo fato de pertencerem ao mesmo gênero e apresentarem traços funcionais muito próximos.

Os traços obtidos para as espécies avaliadas evidenciam que, se por um lado a presença ou ausência de características funcionais em uma comunidade pode ser atribuída ao ambiente (Ozinga et al. 2004) e a amplitude dessas características relacionada a competição entre as espécies (Dayan &

Simberloff 2005), por outro, a história evolutiva das espécies deve influenciar a diversidade de características funcionais (Hardy 2006).

A estrutura filogenética da comunidade (i.e., as relações filogenéticas de suas espécies) tem sido usadas como ferramenta para inferir os processos ecológicos que organizam a comunidade (i.e., Webb et al. 2002; Cabender-Bares et al. 2006). Neste aspecto, considerando a classificação filogenética proposta por APG III (2009) todas as espécies analisadas pertencem ao grupo das Eudicotiledôneas, com exceção de *Aristolochia esperanzae*, que está dentro do grupo das Magnolídeas. Esta espécie, apesar de aparecer junto com outras espécies de lianas e herbáceas no dendrograma funcional, apresentou traços funcionais que mais variam em relação as outras espécies, como a menor espessura da folha, maior área foliar, menor investimento em tecidos fotossintéticos e menor densidade estomática, e na análise de ordenação fica mais distante das demais espécies. Contudo, essa inferência é superficial haja vista, neste trabalho, não ter sido feita análises quanto a diversidade filogenética das espécies trabalhadas.

No entanto, os padrões e processos de estruturação das comunidades também podem ser compreendidos, utilizando os traços que indicam a diversidade funcional, pois diferentes distribuições nas características funcionais podem implicar diferentes mecanismos de coexistência (Petchey et al. 2007). As trepadeiras, provavelmente por possuírem um sistema subterrâneo de resistência, que as permite crescer depois da passagem do fogo e de secas severas, e por estarem quase sempre ligadas a um ambiente sombreado, estão separados dos demais grupos, contribuindo de forma distinta das demais na estrutura daquela comunidade. Elas são assim um importante grupo funcional nesta comunidade. Assim, podemos inferir que, se assembleias locais forem compostas por grupos aleatórios de espécies, então suas diversidades funcionais terão uma distribuição aleatória, baseado somente nos traços funcionais analisados no presente trabalho. Assim, distribuições diferenciais de um padrão aleatório podem indicar que processos de exclusão competitiva ou filtros ambientais são importantes na estruturação dessas assembleias (Holdaway & Sparrow 2006).

Neste aspecto, o estresse hídrico sazonal do ambiente do Chaco ao longo de três meses no ano, a deciduidade das folhas e a presença de estruturas subterrâneas nas trepadeiras, permite a coexistência destas espécies com as demais. O fato de as espécies terem apresentado traços funcionais bem distintos contribui para a não sobreposição do nicho das mesmas. A abordagem funcional está diretamente relacionada com os modelos de nicho, em que a separação de nichos permite a coexistência das espécies pela ausência de competição por recursos similares e, portanto, leva a maior complementaridade (MacArthur 1972).

Apesar das espécies estarem em um local de déficit hídrico, elas apresentam traços funcionais de adaptação distintos, ocupando assim, diferentes nichos e possibilitando a coexistência delas no

Chaco. Esses traços anatômicos podem ser usados para possíveis estudos de diversidade funcional no bioma, contribuindo para o entendimento da estrutura das comunidades vegetais. Pois eles foram eficientes para separar as espécies em grupos funcionais de plantas lenhosas e herbáceas, mesmo que não separem os hábitos dentro desses grupos. O filtro ambiental de déficit hídrico não impede especializações diferentes, o que possibilita uma estratégia complementar entre lenhosas e herbáceas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor. Ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa Casadinho II e da Bolsa de Pesquisa da segunda autora, e aos proprietários da Fazenda Anahí, Nelson Cintra e Maria Lucia Cintra, pelo apoio às coletas.

Referências

- Adámoli, J. 1986. *Fitogeografia do Pantanal*. In: Anuais do I Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS, 90-106p.
- Albert, C.H., Thuiller, W., Yoccoz, N.G., Soudant, A., Boucher, F., Saccone, P. & Lavorel, S. 2010 Intraspecific functional variability: extent, structure and sources of variation. *Journal of Ecology*, 98, 604–613.
- Allem, A.C. & Valls, J.F.M. 1987. *Recursos forrageiros do Pantanal Mato-Grossense*. Brasília: Embrapa-Cenargen 339p.
- Angiosperm Phylogeny Group 2009. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Bjorkman, O. 1981. *Responses to different quantum flux densities*. In: O.L., Lange, P.S., Nobel, C.B., Osmond. & H. Ziegler. (eds.) *Encyclopedia of plant physiology*. Springer, New York. pp. 57-107.
- Brasil. 1982. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande - *Levantamento de Recursos Naturais*, 28. Rio de Janeiro: MME. 412p.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A. & Stone, C.J. 1984. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth.
- Cabrera, A.L. & Willink, A. 1980. *Biogeografía de América Latina*. 2nd Ed. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. 120 p.
- Cavender-Bares, J. & Ackerly, D.A., Baum, D. & Bazzaz, D.A. 2004. Phylogenetic overdispersion in Floridian oak communities. *American Naturalist* 163:823-843.

- Chodat, R. & Vischer, W. 1916. *La vegetation du Paraguay*. (J. C. Vaduz, Ed). 1977, 558p. (Historiae Naturalis Classica, 51).
- Cutler, D.F., Botha, T. & Stevenson, D. W. 2011. *Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada*. Tradução: Marcelo de Moraes; Revisão Técnica: Rinaldo Pires dos Santos – Porto Alegre: Artmed, 304p.
- Dayan, T. & Simberloff, D. 2005. Ecological and community-wide character displacement the next generation. *Ecology letters* 8:875-894.
- de Bello, F., Thuiller, W., Leps, J., Choler, P., Clement, J.C., Macek, P., Sebastia, M.T. & Lavorel, S. 2009. Partitioning of functional diversity reveals the scale and extent of trait convergence and divergence. *Journal of Vegetation Science* 20: 475-486.
- Evert, R.F. 2006. *Esau's Plant Anatomy*. Meristem's cells, tissues plants of the plant body – Their structure, function and development. Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA.
- Fahn, A. 1986. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. *Annals of Botany* 57:631-637.
- Franco, A.C. 2002. *Ecophysiology of woody plants*. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. (Eds) The Cerrados of Brazil. Columbia University Press, New York, 178-197p.
- Franco, A.C., Bustamante, M., Caldas, L.S. Goldstein, G., Meinzer, F.C., Kozovits, A.R., Rundel, P. & Vera, T.R.C. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savana trees in relation to seasonal water deficit. *Trees – Structure and Function* 19:326-335.
- Ghalambor, C.K., McKay, J.K., Carroll, S.P. & Reznick, D.N. 2009. Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments. *Functional Ecology* 21: 394-407.
- Gianoli, E., Palacio-López, K. 2009. Phenotypic integration may constrain phenotypic plasticity in plants. *Oikos* 118:1924-1928.
- Granda, E., Rossatto, D.R., Camarero, J.J., Voltas, J., Valladares, F. 2014. Growth and carbon isotopes of Mediterranean trees reveal contrasting responses to increased carbon dioxide and drought. *Oecologia* 174:307-317.
- Hardy, C.R. 2006. Reconstructing ancestral ecologies: challenges and possible solutions. *Diversity and Distributions* 12:7-19.
- Harrison, S.P., Prentice, I.C., Barboni, D., Kohfeld, K.E., Ni, J., Sutra, J.P. 2010. Ecophysiological and bioclimatic foundations for a global plant functional classification. *Journal of Vegetation Science*. 21:300–317
- Holdaway, R.J. & Sparrow, A.D. 2006. Assembly rules operating along a primary riverbed grassland successional sequence. *Journal of Ecology* 94:1092-1102.

- Hueck, K. 1955. Bosques chaquenhos e extração de tanino no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 17: 343-346.
- Hueck, K. 1972. *As regiões de matas do Chaco e áreas marginais*. In: As florestas da América do Sul: Ecologia, Composição e Importância Econômica. Editora Polígono, Brasília, pp. 240-275.
- Hushof, C.M. & Swenson, N.G. 2010. Variation in leaf functional traits values within and across individuals and species: an example from a Costa Rica dry forest. *Functional ecology* 24:213-223.
- Johansen, D. 1940. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill, Book Company, Inc., 52p.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Seropédica, p. 198.
- Kraus, J.E., de Souza, H.C., Rezende, M.H., Castro, N.M., Vecchi, C. & Luque, R. 1998. Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. *Biotechnology and Histochemistry* 73:235-243.
- Leite, A.M.C. & Lleras, E. 1978. Ecofisiologia de plantas da Amazônia: anatomia foliar e ecofisiologia de *Pogonophora schomburgkiana* Miers. (Euphorbiaceae). *Acta Amazonica* 8: 365-370.
- MacArthur, R.H. 1972. *Geographical ecology*. Harper & Row, New York.
- McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E. & Westoby, M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution* 21:178-184.
- Medri, M. E. & Lleras, E. 1980. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* Müell. *Arg. Acta Amazônica* 10:463-493.
- Menezes, N.L., Silva, D.C., Pinna, G.F.A.M. 2006. *Folha*. In: Beatriz Appezzato-da-Glória; Sandra Maria Carmello-Guerreiro (orgs.) *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Univ. Federal de Viçosa - UFV, pp. 301-325.
- Messier, J., McGill, B.J. & Lechowicz, M.J. 2010. How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology. *Ecology letters* 13:838-848.
- Mott, K.A.; Gibson, A.C. & O'Leary, J.W. 1982. The adaptive significance of amphistomatic leaves. *Plant, Cell and Environment*, Oxford 5, 455-460.
- Nunes, G.P. 2006. Estudo florístico de formações chaquenhos brasileiras e caracterização estrutural de um remanescente de Chaco de Porto Murtinho, MS, Brasil. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Okubo, S., Tomatsu, A., Parikesit, Muhamad, M., Harashima, K. & Takeuchi, K. 2012. Leaf functional traits and functional diversity of multistoried agroforests in West Java, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149:91-99.

- Ozinga, W.A, Bekker, R.M., Schaminée, J.H.J. & Groenendael, J.M. 2004. Dispersal potential in plant communities depends of environmental conditions. *Journal of Ecology* 92:767-777.
- Paiva, E.A.S., Isaias, R.M.S., Vale, F.H.A. & Queiroz, C.G.A. 2003. The influence of light intensity on anatomical structure and pigment contents of *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. Cv. *purpurea* Boom (Commelinaceae) leaves. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46:617-624.
- Parkhurst, D.F. 1978. The adaptive significance of stomatal occurrence on one or both-surfaces of leaves. *Journal of Ecology* 66:367-383.
- Pearce, D.W., Millard, S., Bray, D.F. & Rood, S.B. 2006. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology* 26:211-218.
- Pennington, R.T., Prado, D.E., Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forest and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Petchey, O.L., Gaston, K.J. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5:402-411.
- Petchey, O.L., Evans, K.L., Fishburn, I.S. & Gaston, K.J. 2007. Low functional diversity and redundance in British avian assemblages. *Journal of Animal Ecology* 76:977-985.
- Prado, D.E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? A review. Contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco. *Candollea* 48: 145-172.
- Ramella, L. & Spichiger, L. 1989. Interpretación preliminar del médio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco. I. *Candollea* 44: 639-680.
- Rascher, U., Bobich, E.G., Lin, G.H., Walter, A., Morris, T., Naumann, N., Nichol, C.J., Pierce, D., Bil, K., Kudeyarov, V. & Berry, J.A. 2004. Functional diversity of photosynthesis during drought in a model tropical raiforest – the contributions of leaf area, photosynthetc eletron transport and stomatal condutande to reduction in the ecosystem carbom exchange. *Plant, Cell and Environment* 27,1239-1256.
- Rosatto, D.R. 2011. Grupos funcionais em plantas do Cerrado *sensu stricto*: utilização de recursos hídricos, variabilidade e efeito filogenético em parâmetros estruturais e funcionais. *Tese de Doutorado*, Universidade de Brasília, Brasília.
- Rosatto, D.R., da Silveira Lobo Sternberg, L. & Franco, A.C. 2012. The partitioning of water uptake between growth forms in a Neotropical savanna: do herbs exploit a third water source niche? *Plant Biology* 15:84-92.

- Rossatto, D.R., Silva, L.C.R., Sternberg, L.S.L. & Franco, A.C. 2014. Do woody and herbaceous species compete for soil water across topographic gradients? Evidence for niche partitioning in a Neotropical savanna. *South African Journal of Botany* 91:14-18.
- Sandquist, D. R. & Ehleringer, J. R. 1997. Intraspecific variation of leaf pubescence and drought response in *Encelia farinosa* associated with contrasting desert environments. *New Phytologist* 135:635-644.
- Sandquist, D.R. & Cordell, S. 2007. Functional diversity of carbon gain, water-use, and leaf-allocation traits in trees of a threatened lowland dry forest in Havai. *American Journal of Botany* 94:1459-1469.
- Santiago, L.S., Wright, S.J. 2007. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology* 21:19-27.
- Scalon, M.C., Rossatto, D.R., Franco, A.C. 2014. Do litter manipulations affect leaf functional traits of savanna woody plants? *Plant Ecology* 215:111-120.
- Scheiner, S.M. 1993. Genetics and Evolution of phenotypic plasticity. *Annals Review of Ecology and Systematics* 24:35-68.
- Veloso, H.P. 1972. *Aspectos fitoecológicos da Bacia do Alto Rio Paraguai*. São Paulo, USP, Instituto de Geografia. 31p.
- Webb, C.O., Ackerly, D.D., McPeck, M.A. & Donoghue, M.J. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual review of Ecology and Systematics* 33:475-505.
- Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B. 1991. Leaf Specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia* 88: 486-493.

ANEXOS

ANEXO A

Normas para submissão – Journal of Arid Environments



TABLE OF CONTENTS

●	Description	p.1
●	Impact Factor	p.1
●	Abstracting and Indexing	p.1
●	Editorial Board	p.2
●	Guide for Authors	p.3



ISSN: 0140-1963

DESCRIPTION

The Journal of Arid Environments is an international journal publishing original scientific and technical research articles on physical, biological and cultural aspects of **arid, semi-arid, and desert environments**. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on all aspects of arid environments and their past, present and future use.

Research Areas include: **Paleoclimate** and **Paleoenvironments** **Climate** and Climate Change **Hydrological processes** and systems **Geomorphological processes** and systems **Soils** (physical and biological aspects) **Ecology** (Plant and Animal Sciences) **Anthropology** and **human ecology** (archaeology, sociology, ethnobotany, human adaptations, etc. Agriculture Land use grazing, mining, tourism, etc) **Land use** (agronomy, grazing, mining, tourism, etc) **Conservation** (theory, policy, sustainability, economics, heritage) **Land degradation** (desertification) and rehabilitation **Environmental monitoring** and management

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

IMPACT FACTOR

2013: 1.822 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2014

ABSTRACTING AND INDEXING

Science Citation Index
Scopus
Science Citation Index Expanded

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:

D.A. Ravetta, Museo Egidio Feruglio, Trelew, Chubut, Argentina

Associate Editors:

C. Armas, Universidad de La Serena, La Serena, Chile

A. Cibils, New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, USA

D. Eldridge, University of New South Wales, Sydney, New South Wales, Australia

L.K. Horwitz, Hebrew University of Jerusalem, Israel

D.S.G. Thomas, University of Oxford, Oxford, UK

E.R. Vivoni, Arizona State University, Tempe, Arizona, USA

L. Wang, Indiana University-Purdue University at Indianapolis (IUPUI), Indianapolis, Indiana, USA

Consulting Editors:

J.S. Carrion, Universidad de Murcia, Murcia, Spain

A.E. Castellanos, Universidad de Sonora, Hermosilla, Sonora, Mexico

A. Chehbouni, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Toulouse Cedex 9, France

N. Drake, King's College London, London, UK

R. Fernández, Universidad de Buenos Aires and IFEVA-CONICET, Buenos Aires, Argentina

J. Garatuza, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregon, Son., Mexico

N. Lancaster, Desert Research Institute, Reno, Nevada, USA

M.E. Meadows, University of Cape Town, Rondebosch, South Africa

F.M. Padilla, University of Almeria, La Cañada, Almeria, Spain

F. Parrini, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

S. Soliveres, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain

Editorial Board:

S. Archer, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

R. Balling, Jr, Arizona State University, Tempe, Arizona, USA

K.H. Berry, U.S. Geological Survey (USGS), Moreno Valley, California, USA

B.T. Bestelmeyer, New Mexico State University, La Cruces, New Mexico, USA

J.N. Blignaut, University of Pretoria, Derdepark, South Africa

D. Burnside, URS Corporation, East Perth, Western Australia, Australia

W.R.J. Dean, University of Cape Town, Rondebosch, Cape Town, South Africa

M.J. Delany, University of Bradford, Bradford, UK

D.L. Dunkerley, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia

J.C. Guevara, Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Aridas, Mendoza, Argentina

H. Heatwole, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA

J. Henschel, Gobabel Research and Training Centre, Walvis Bay, Namibia

M.T. Hoffman, University of Cape Town, Rondebosch, South Africa

C.F. Hutchinson, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

F.M. Jaksic, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

E.G. Jobbagy

G.I.H. Kerley, Nelson Mandela Metropolitan University, Port Elizabeth, South Africa

K.T. Killingbeck, University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island, USA

T. Luo, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China

S.R. Morton, CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), Alice Springs, Northern Territory, Australia

M.K. Seely, Gobabel Research and Training Centre, Walvis Bay, Namibia

P. Shaw, University of The West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago

F. Tiver, University of South Australia, Mawson Lakes, South Australia, Australia

W.G. Whitford, New Mexico State University, La Cruces, New Mexico, USA

B. Wu, Chinese Academy of Forestry (CAF), Beijing, China

X.P. Yang, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing, China

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Aims and Scope

The Journal of Arid Environments is an international journal publishing original scientific and technical research articles on physical, biological and cultural aspects of arid, semi-arid, and desert environments. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on all aspects of arid environments and their past, present and future use.

Research Areas include: Paleoclimate and Paleoenvironments Climate and Climate Change Hydrological processes and systems Geomorphological processes and systems Soils (physical and biological aspects) Ecology (Plant and Animal Sciences) Anthropology and human ecology (archaeology, sociology, ethnobotany, human adaptations, etc. Agriculture Land use grazing, mining, tourism, etc) Land use (agronomy, grazing, mining, tourism, etc) Conservation (theory, policy, sustainability, economics, heritage) Land degradation (desertification) and rehabilitation Environmental monitoring and management

Types of paper

Research Articles: reporting original and previously unpublished work. Research papers have a reference limit of 50 cites

Short Communications: These are concise, but complete descriptions of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Examples include descriptive research on seed-germination conditions, plant responses to salinity, animal feeding habits, etc. Short communications have a reference limit of 20 cites

Short communications should not exceed 2400 words (six printed pages), excluding references and legends. Submissions should include a short abstract not exceeding 10% of the length of the communication and which summarizes briefly the main findings of the work to be reported. The bulk of the text should be in a continuous form that does not require numbered sections such as Introduction, Materials and methods, Results and Discussion. However, a Cover page, Abstract and a list of Keywords are required at the beginning of the communication and Acknowledgements and References at the end. These components are to be prepared in the same format as used for full-length research papers. Occasionally authors may use sub-titles of their own choice to highlight sections of the text. The overall number of tables and figures should be limited to a maximum of three (i.e. two figures and one table).

Review Articles: Critical evaluation of existing data, defined topics or emerging fields of investigation, critical issues of public concern, sometimes including the historical development of topics. Those wishing to prepare a review should first consult the Editors or Associate Editors concerning acceptability of topic and length.

Think Notes: Short, one page notes describing new developments, new ideas, comments on a controversial subject, or comments on recent conferences will also be considered for publication.

Letter to the Editor: A written discussion of papers published in the journal. Letters are accepted on the basis of new insights on the particular topic, relevance to the published paper and timeliness.

Contact details for submission

Authors may send queries concerning the submission process, manuscript status, or journal procedures to the Editorial Office at jae@elsevier.com.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Human and animal rights

If the work involves the use of animal or human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; EU Directive 2010/63/EU for animal experiments http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm; Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.icmje.org>. Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open access and Subscription.

For subscription articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>.
Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No open access publication fee

All articles published open access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide open access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published open access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The open access publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 5 potential referees. It is required that potential referees not be from the same institution as the authors. Suggested reviewers must have agreed to review the manuscript, if required. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum

of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation. Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr, W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Please note that Journal names and references should be provided in full.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com). This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/89/p/8045/.

You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

ANEXO B

Normas para submissão – Journal of Vegetation Science

Author Guidelines

***Journal of Vegetation Science* Author Guidelines**

Scope

The *Journal of Vegetation Science* publishes papers on all aspects of plant community ecology, with particular emphasis on papers that develop new concepts or methods, test theory, identify general patterns, or that are otherwise likely to interest a broad international readership. Papers may focus on any aspect of vegetation science, e.g. community structure (including community assembly and plant functional types), biodiversity (including species richness and composition), spatial patterns (including plant geography and landscape ecology), temporal changes (including demography, community dynamics and palaeoecology) and processes (including ecophysiology), provided the focus is on increasing our understanding of plant communities. The Journal publishes papers on the ecology of a single species only if it plays a key role in structuring plant communities. Papers that apply ecological concepts, theories and methods to the vegetation management, conservation and restoration, and papers on vegetation survey should be directed to our associate journal, *Applied Vegetation Science*.

Acceptance criteria

The journal will consider for publication only manuscripts not previously formally published. Prior posting of a manuscript on an online preprint archive such as ArXiv or bioRxiv is acceptable, as is posting of the preprint on a private website or publication as a component of a thesis or dissertation. We will not consider for publication articles permanently posted in preprint archives associated with specific journals.

To be acceptable, a paper must be of interest to an international readership, even if its immediate scope is local. A paper can be interesting by doing one or more of several things:

- Developing new concepts in understanding vegetation
- Testing concepts applicable to all plant communities
- Adding a particularly well-executed empirical example that is part of a growing literature on a general conceptual issue
- Representing a particularly interesting combination of models, observational data and experiments
- Demonstrating a new and generally useful method
- Presenting a particularly exemplary or thorough analysis, even if the concepts and methods are not novel, and even if it be regional in scope, so long as it:
 - represents the state of the art (methods and statistics) and
 - presents a critical and definitive test for an interesting hypothesis

The questions in the paper can be addressed by many means, including description, experiments, simulations, meta-analysis, inference, extrapolation, etc. There is no limit to the nature of the approach, as long as the work is sound. As a rule of thumb, the journal would accept a paper if at least 66% of vegetation scientists would regard it as having some interest, or at least 10% would regard it as being very interesting.

All submitted manuscripts must comply with our publishing ethics as detailed here.

Authors are strongly encouraged to make their primary data available in appendix tables or data depositories.

Types of papers

Research article

This category includes description, experiment, simulation, theory, description of a new method, or any combination of those. The typical length of ordinary papers is about 8–10 printed pages. The submission of longer papers can be accepted on the basis of a sound explanation given in the cover letter. Shorter papers may be managed and published sooner.

To estimate the article length, note that an average journal page can contain about 800 words for the main text from the Title to the end of References, or a variable number of display items (tables and/or figures) that would be readable when printed together in an A4 page. For instance, a manuscript with 6800 words and a given number of display items fitting in 1.5 A4 pages would use almost 10 journal pages, which is fine for a Research Article. Within this limit, authors are free to distribute the space among text and display items. Online supplementary files may be used for less essential text and/or display items.

Synthesis

Reviews of a topic that produce new ideas / conclusions (and are not merely summaries of the literature) can be published as Syntheses, which may be longer than Research articles, but the length must be justified by the content of interest.

Forum

Forum papers are essays with original ideas / speculations / well-sustained arguments, with no new data. They usually contribute to free debate of current and often controversial ideas in vegetation science. There may be criticism of papers published in Journal of Vegetation Science, or (if interesting to our readers) of papers published elsewhere. An Abstract is required, but otherwise the sectional format is flexible. The length of the Forum papers is normally 0.5–4 printed journal pages. The submission of longer Forum papers can be accepted on the basis of a sound explanation given in the cover letter. Forum papers, especially short ones, have high priority in publication.

Report

This includes items that are not scientific papers, e.g. news items, the existence of databases and technical information. Reports are typically two printed journal pages; additional material should be put in electronic appendices. The submission of longer Report papers can be accepted on the basis of a sound explanation given in the cover letter. A report can describe a new or much expanded computer program if this is of interest to vegetation scientists. We can also accept paid advertisements for commercial computer programs. We also carry reviews of computer programs, and authors of new programs are very welcome to submit them for review to the Software Review Editor. [Papers that, whilst mentioning a particular program, are basically descriptions of a new method, can be submitted as Research articles.]

Journal's policy on criticism and errata

For details of the policy on papers that have a major element criticising a particular paper or body of work, and on responses, also for the policy on errata, [click here](#).

Manuscripts

Manuscripts must be written in English (either British or American throughout). They should be concise, because concise papers often make more impact on the reader.

Manuscript structure

Title: This should be strongly directed towards attracting the interest of potential readers.

Author names and addresses: Follow exactly the format in the most recent issue of the journal. Give e-mail addresses for all authors.

Printed journal page estimate: Give the number of words from title to references and estimated size of tables and figures. For example: 6800 words (8.4 pages), table 0.3 pages, figures 1.2 pages, total 9.9 pages.

Abstract: Up to 350 words for Research articles or Synthesis papers (up to 200 for a Forum or Report paper). Include no references. The abstract for Research articles should have named sections, normally: Question(s), Location, Methods, Results, and Conclusions. This structure can be varied when necessary, e.g. for Synthesis use whatever structure is appropriate; for theoretical papers Location is not needed; use Aim(s) instead of Question(s) for papers introducing a new method; for Forum and Report papers an unstructured abstract will be appropriate.

Keywords: There should be 8–12 keywords, separated by semicolons. Most online paper accesses come via searches with Google, Web of Science, etc., rather than by browsing the journal. A paper's hit rate may increase if title-/abstract/keywords are properly prepared. For more information see Wiley Author Services.

Nomenclature: Refer to a source for unified nomenclature of plant species or vegetation units, unless there be few names and their authors are given in the text. Do not use author citation for names in the text if they are given in the nomenclature source. Use the following format:

Nomenclature Tutin et al. (1968–1993) for vascular plants; Hill et al. (2006) for mosses; Schumacker & Vaña (2000) for hepatics

Nomenclature Stace (2010) for plants; Rodwell (1991–2000) for plant communities

Nomenclature Castroviejo et al. (1986–2012) except for Compositae and Gramineae, which follow the Euro+Med PlantBase (ww2.bgbm.org/EuroPlusMed, accessed on 4 Apr 2013).

Nomenclature USDA Plants Database (<http://plants.usda.gov/java/>; accessed on 12 Mar 2014)

Abbreviations: List any that are frequently used in the text.

Running head: Shortened title.

Main text: Indicate new paragraphs by indentation. Avoid footnotes. Variation from the usual Introduction - Methods - Results - Discussion structure is acceptable when appropriate.

Acknowledgements: Keep them brief. References to research projects/funds and institutional publication numbers can go here.

Author contributions: For papers with more than one author, an optional concise statement of authorship may be included informing who designed the research, who collected the data, who developed new methods, and who wrote the manuscript. Use initials to identify the authors.

Citations in the text: Use forms such as: Smith & Jones (2005) or (Smith & Jones 2005); for more than two authors: White et al. (2005); for combinations: (Smith et al. 2005 a, b; Jones 2006, 2010). Citations should be chronological by year, except where there is a list of years for the same author(s), e.g. (Zebedee 1950, 1970; Abraham 1960; Smith et al. 1965, 1974; Zebedee et al. 1969)

References section: Use the formats below. Always give the full name of the journals. For references with up to eleven authors, all authors are listed. If there are twelve or more authors, only the first nine and the last one are listed, while the others are replaced by "(...) &".

Lane, D.R., Coffin, D.P. & Lauenroth, W.K. 2000. Changes in grassland canopy structure across a precipitation gradient. *Journal of Vegetation Science* 11: 359–368.

Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. 3rd ed. Blackwell, Oxford, UK.

Whittaker, R.H. 1969. Evolution of diversity in plant communities. In: Woodwell, G.M. & Smith, H.N. (eds.) *Stability and diversity in ecological systems*, pp. 178–196. Brookhaven National Laboratory, Brookhaven, NY, US.

Blackburn, T.M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mrugała, A., (...) & Bacher, S. 2014. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology* 12: e1001850.

Noble, D.L. 1978. *Seedfall and establishment of Engelmann spruce and subalpine fir*. United States Department of Agriculture [report no. 575], Washington, DC, US.

Wallin, G. 1973. *Lövskogsvegetation i Sjuhäradsbygden*. Ph.D. thesis, Uppsala University, Uppsala, SE.

Do NOT list computer programs, personal communications or web-pages under *References*. EndNote Reference Style File is available in our Author Services.

References to computer programs: Computer programs used should be mentioned in the Methods section, e.g. "performed by DoStats (version 6.2, StatProgs Inc., Springfield, NY, US)" or "performed by Partition (version 3.0, www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm)". Only descriptions of computer programs in refereed journals or in books with an ISBN can be cited in the References section. References to computer programs should never substitute references to proper description of methods performed using these programs. The methods used should be fully described in the text, in an appendix and/or by readily-available references. A reference to a computer program and to "program defaults" is not a substitute.

Unpublished material and web-pages: The References section can contain only material that is published (including early online publications with a DOI) or is a thesis. Indicate all other material as "unpubl." or "pers. comm." (the latter with date and description of the type of knowledge, e.g. "local farmer"), or web-address (add date of accession); "submitted" may be used only if the cited item is in some journal's editorial process, and the reference will have to be removed if the item has not been published (at least in early online view) by that journal by the time proofs are corrected for citing paper.

References in other languages than English

1. References in the languages that use the Latin alphabet are cited in the original language. Optionally, titles of papers, book chapters of books can be followed by an English translation in square brackets. Titles of the journals or books in the citations of book chapters are not translated. The use of translations should be consistent within each paper (e.g. for all citations in the paper, or all citations in less known languages translated and all citations in widespread languages not translated).

Examples:

Mucina, L. 1985. Používat' či nepoužívat' Ellenbergove indikačné hodnoty? *Biológia* 40: 511–516.

Mucina, L. 1985. Používat' či nepoužívat' Ellenbergove indikačné hodnoty? [To use or not to use Ellenberg's indicator values?]. *Biológia* 40: 511–516.

2. References in the Cyrillic and Greek alphabets are cited in the original language but transliterated to Latin alphabet. Optionally, titles of papers, book chapters of books can be followed by an English translation in square brackets. Titles of the journals or books in the citations of book chapters are not

translated. At the end of the citation, the original language is indicated in square brackets.

Example:

Kholod, S.S. 2007. Klassifikatsiya rastitel'nosti ostrova Vrangelya. *Rastitel'nost' Rossii* 11: 3–15. [In Russian.]

Kholod, S.S. 2007. Klassifikatsiya rastitel'nosti ostrova Vrangelya [Classification of Wrangel Island vegetation]. *Rastitel'nost' Rossii* 11: 3–15. [In Russian.]

3. References in the languages that use other alphabets than Latin, Cyrillic and Greek: Titles of papers/chapters/books including book titles in the citations of chapters and also the titles of the journals are translated to English. At the end of the citation, the original language is indicated in square brackets.

Example:

Chiu, C.-A., Lin, H.-C., Liao, M.-C., Tseng, Y.-H., Ou, C.-H., Lu, K.-C. & Tzeng, H.-Y. 2008. A physiognomic classification scheme of potential vegetation of Taiwan. *Quarterly Journal of Forest Research* 30: 89–112. [In Chinese.]

Manuscript format

Number *all pages* and *all the lines continuously*. Use a single-column format. Use scientific names of taxa, and avoid vernacular names. Units of measurement must follow the International System of Units, e.g. $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$. The time unit for contemporary phenomena can be 's', 'min', 'hr', 'week', 'mo' or 'yr'. For palaeo-time use 'ka' or 'Ma'; make always clear whether ^{14}C years or calendar years BP (before present) are used. Dates should be in the format: 2 Sep 2010, i.e. with the month as three letters. Months on their own should be in full: September. Country abbreviations are by 2-letter code (but note UK, not GB). Use words rather than symbols where possible, especially in the Title, Abstract and Keywords, e.g. 'beta' rather than ' β '.

Numbers with units of measurement must be in digits, e.g. 3.5 g. Numbers in the text of up to ten items (i.e. integers) should be in words, e.g. "ten quadrats", "five sampling times"; above ten in digits, e.g. "11 sampling times". Use '.' for a decimal point. Thousands in large numbers (ten thousand and higher) should be indicated by a space, e.g. 10 000, but 2000. Symbols for variables and parameters should be in italics (e.g. *P*).

Tables

Numerical results should be presented as either tables or figures, but not both. Tables should be included in the manuscript text file, either embedded in the text or at the end. Table legends should be *on the same page* as the table to which they refer. The legend should contain sufficient information for the table to be understood without reference to the text of the paper. The first sentence of the legend should comprise a short title for the table. Units should appear in parentheses in the column headings, not in the body of the table. If some part of the table needs to be highlighted (e.g. groups of important species), use background shading (not framing or boldface). For large tables with many empty cells, fill the empty cells with dots to facilitate reading.

Figures

Figures in the submitted manuscript should be supplied at the size at which they are intended to be printed: either one-column or full-page width. They may optionally be embedded in the text. Figure legends should be included within the manuscript text file *on the same page* as the figure to which they refer, to ease the reading by editors and referees. The legend should contain sufficient information for the figure to be understood without reference to the text of the paper. The first sentence of the legend should comprise a short title for the figure.

The definitions of symbols and lines should be given as a *visual* key on the figure itself, *not* as a word key (e.g. 'solid bars', 'open circle', 'dashed line') in the legend. Sub-graphs within one figure should be headed with a lowercase letter *and* a brief heading. Wherever space allows, full labels instead of abbreviations should be used in the figures. Scale bars should be given on microphotographs and maps.

Artwork guidelines are available at <http://authorservices.wiley.com/electronicartworkguidelines.pdf>. The journal welcomes colour figures and plates when information would be lost if reproduced in black and white. Please note there is a charge for colour in print, please promptly post or courier the completed hard copy* of the Colour Work Agreement Form (including payment information) to this mailing address below. Manuscripts where all colour figures will appear in greyscale in print do not require a Colour Work Agreement form.

Customer Services (OPI)
John Wiley & Sons Ltd
European Distribution Centre
New Era Estate, Oldlands Way
Bognor Regis
West Sussex
PO22 9NQ

Free colours will be used in the online version of the journal if printed version will be in black and white. If this option is selected, add a black and white version of the figure to the paper (without counting it on page length) to make sure it is still meaningful when printed without colours.

Electronic appendices

Large figures and tables, raw data, calculation examples, computer program source, extra photographs and similar materials can be published as electronic appendices in online 'Supporting Information'. This material will not appear in the printed paper, but will be freely available in the Wiley Online Library.

All PDF files in electronic appendices should, so far as is practicable, be prepared in a similar style to the printed/PDF issues of the journal, using similar font types and sizes. A Microsoft Word template file can be found [here](#).

Each electronic appendix in PDF format should start with a reference to the original paper, followed by the appendix caption, for example:

Supporting Information to the paper Smith, W.R. Assembly rules in a tropical rain forest of central Amazonia. *Journal of Vegetation Science*. Appendix S1. A list of palm species recorded in the study area. Written text should be in PDF, and where the reader might wish to extract text (e.g. computer program codes) also in plain text (TXT). Tables should be in PDF and longer tables (>30 rows) additionally in plain text (TXT or CSV) format. Raw data should be in plain text (TXT or CSV) format. Figures and photographs should be in PDF format, including captions. Groups of related items (e.g. a set of figures, or of photographs) can be included in a single appendix. A detailed caption should appear in each appendix.

A list of all appendices with shortened captions should be provided at the end of the paper (after the References section), e.g. "Appendix 2. Photographs of the main types of deciduous forest in the study area-".

So long as text, tables, data, figures and photographs are given in the above formats, other files in any format may be given, e.g. videos, executable programs, functional spreadsheets. Each such file should have a corresponding PDF Appendix describing the file, its format and contents e.g.:

Appendix S3. Description of the video in Appendix S4, pollination.

Appendix S4. Video of bee *Apis mellifera* pollinating *Bellis perennis* (WMV format), described in Appendix S3.

There should be a reference to the electronic appendices in the main text of the paper, e.g.: (Appendix S4, described in Appendix S3).

Electronic appendices should be submitted for review with the first version of the manuscript, but uploaded as a separate file and designated as 'Appendix for Online Publication Only'. They should not be included as additional pages within the main document.

Submissions

Technical checklist before manuscript submission

Before submitting your paper, please, check whether your manuscript meets the following requirements:

Topic: Is suitable for *Journal of Vegetation Science*. It deals with plant communities or multispecies plant assemblages (not with single species); is of interest to international community of vegetation scientists.

Title: Is concise and attractive, catches the reader's attention with topical issues or an interesting hypothesis.

Abstract: Does not exceed to 350 words (fewer for a Forum or Report paper); does not contain references; is divided into named sections (except for a Forum or Report).

Author list: Follows the current format of the journal, e.g.:

John B. Bush, George Smith & E. Fred Coxon

Bush, J. B. (Corresponding author, jb_bush@lmu.ac.uk)¹

Coxon, E. F. (doughnut@herbicide.co.uk)^{1,2}

Smith, G. (g_smith@lmu.ac.uk)²

¹Ecology Department, Little Marsh University, 11 Main St., Little Marsh, Berkshire, UK;

²Botany Department, Herbicide Manufacturers, P. O. Box 2002, Southend-on-Sea, UK

E-mails given for all authors.

Keywords: Follow the journal format, e.g. *Abies* forest; Balkans; Community structure; Deer; Invasive species; Neutral model; Species richness; Zonation.

Nomenclature source and Abbreviations: Are given if relevant.

Logical structure: The Introduction states what topics will be addressed, and those topics are addressed by the Methods, Results and Discussion.

Introduction: Explains why the topic is important or interesting; briefly provides the broader context of the current study; ends with questions, hypotheses or a clear statement of the paper's aims.

Results: The claims in the Results section text match what is in the figures and tables.

Table and Figure captions: Understandable without reading the text. On the same page as the table or figure.

Tables: Concise, with row and column labels as self-explanatory as possible; contain no vertical lines.

Figures: Not too many of them, and compact; supplied in the size they will be printed, with all details readable at this size; contain no unnecessary lines (e.g. across a graph, or frames around the graph; to the top and right of a graph); lines and symbols explained in direct language, e.g. * = Litter removed (*not*: * = LRT or * = Treatment LR or * = Treatment 3); symbol key in the figure itself, not a word key ('dashed line', 'open circles') in the caption.

Electronic appendices: All appendices (except mathematical ones), large figures & tables, extra photographs and raw data, go here. Format of PDF files prepared in a similar style to the printed/PDF issues of the journal using the journal's appendix template.

Manuscripts should be submitted at <http://mc.manuscriptcentral.com/jvsci>, as Word document (.doc or .docx) or RTF (.rtf), preferably with all tables and figures embedded in a single file. On submission, your paper will be considered by a Chief Editor who will make an initial decision whether to progress your paper. If so, one of the Associate Editors will be selected as Co-ordinating Editor to consider the submitted manuscript further, invite referees if appropriate, and make final decision on acceptance. If your paper is not assigned to a Co-ordinating Editor, you will be advised by email, usually within five days of submission.

In the cover letter please explain briefly why your paper is especially suitable for the *Journal of Vegetation Science*, e.g. whether it relates to the topics regularly published by the journal.

Conflict of Interest

All authors are required to disclose potential sources of conflict of interest upon submission. [Click here](#) for further information.

Accepted Papers

If a paper is eventually accepted, there are several technical and presentation issues that will need to be checked. Authors should check these when they receive the Co-ordinating Editor's response and make necessary modifications (the Co-ordinating Editor and Chief Editors may give directions on such issues).

After the paper is accepted, it will be passed via the Editorial Office to the Production Editors. If only minor technical issues remain, the Production Editors may make the changes themselves, perhaps checking with the author first, or asking by a note on the proofs to check the changes. For major changes (e.g. if there are many language problems), the Production Editors will be unable to correct papers for authors, and authors will be given the choice of doing this work themselves, even at this late stage, or having it done at cost. Exceptions to these charges can be made only for ecologists from the developing world. It is quite possible that none of this will apply to a particular paper, but we warn all authors at the submission stage just in case it turns out that it does. Once a paper has been accepted, it will be forwarded to the publisher to proceed with the production

On acceptance, authors will be required to upload their manuscript as one text file and additional high resolution graphics files. The preferred formats are .EPS or .PDF for vector graphics (e.g. line artwork) and .TIFF for half-tone figures. TIFF files should be supplied at a minimum resolution of 300 dpi (dots per inch) at the final size at which they are to appear in the journal. For further information click [here](#).

Authors having colour figures have to fill in the form available [here](#) and post a hard copy to: Customer Services (OPI), John Wiley & Sons Ltd, European Distribution Centre, New Era Estate, Oldlands Way, Bognor Regis, West Sussex, PO22 9NQ. Financial support may be available to authors from developing countries who have figures for which colour is essential. For possible financial support contact the Editorial Office.

Graphical abstracts on tables of contents

The journal's online table of contents includes a summary of what is exciting about the paper in not more than 60 words. It is accompanied by a small, approximately square, image (a photograph, a graph or part of a graph) relevant to the paper. It can be from the paper itself, or related to it. Please ensure that the figure will make sense thumbnail-size, i.e. either with an interesting overall pattern or else a simple graph with large axis lettering. Graphical abstracts will be requested by the Editorial Office if your paper is accepted for publication.

Cover images

Electronic artwork/original photographs of high quality suitable for the cover are welcome. Potential cover images should be submitted to the Editorial Office. Images should be accompanied by a caption and include the name of the photographer or artist. Images should be related to accepted papers. Photographs submitted as cover images can be identical with those submitted for online Supporting Information. For each photograph, the author should make clear whether it is submitted for online Supporting Information, journal cover, or both. Contributors are required to assign copyright of photographs to the International Association for Vegetation Science by UK law.

Full upload instructions and support are available online from the submission site via the 'Get Help Now' button. Please submit covering letters or comments to the editor when prompted online. In case of any problems with submission please send queries to [Please send any general submission queries to jvsci@editorialoffice.co.uk](mailto:jvsci@editorialoffice.co.uk).

Page charges and subscriptions

There are no page charges except for colour figures. However, please consider taking a subscription to Journal of Vegetation Science and/or Applied Vegetation Science: they carry important papers in your field. Subscriptions help us to avoid charges. The personal subscription rates are very reasonable and

include membership of International Association for Vegetation Science (IAVS). For those in the developing world, assistance may be available through the IAVS: contact the Secretary (Secretary@iavs.org).

If a paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an e-mail prompting her/him to login into Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) she/he will be able to complete the license agreement on behalf of all co-authors.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp

OnlineOpen Service

OnlineOpen is available to authors of primary research papers who wish to make their paper available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their paper. With OnlineOpen the author, the author's funding agency or institution pays a fee to ensure that the paper is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms.

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services and visit [here](#).

If an author select the OnlineOpen option and the research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK), authors will be given the opportunity to publish the article under a CC-BY license supporting authors in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.